MÉMOIRES COURONNÉS

ET

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS,

PUBLIÉS PAR

L'ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES ET BELLES-LETTRES DE BRUXELLES.

MÉMOIRES COURONNÉS

ET

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS,

PUBLIÉS PAR

L'ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES ET BELLES-LETTRES DE BRUXELLES.

TOME XVIII. — 1844 ET 1845.



BRUXELLES,

M. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE.

1845.

TABLE

DES MÉMOIRES CONTENUS DANS LE TOME XVIII.

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS.

SUR

LES ÉTOILES FILANTES PÉRIODIQUES

DU MOIS D'AOUT,

ET EN PARTICULIER SUR LEUR APPARITION DE 1842;

PAR

M. HOUZEAU.

(Présenté à la séance de l'académie du 3 août 1844.)

SUR

LES ÉTOILES FILANTES PÉRIODIQUES

DU MOIS D'AOUT,

ET EN PARTICULIER SUR LEUR APPARITION EN 1842.

Depuis plusieurs années on a fait un grand nombre de recherches sur les étoiles filantes. Les apparitions extraordinaires d'août et de novembre ont surtout attiré l'attention des observateurs. La périodicité de ces phénomènes, qui les ramenait lorsque la terre occupait à peu près exactement les mêmes points dans son orbite, a conduit à l'idée de leur origine cosmique. En considérant les étoiles filantes comme de petites planètes qui se meuvent autour du soleil, on a fait plusieurs tentatives pour déterminer les éléments des orbites qu'elles décrivent. Tantôt on les a considérées isolément, et l'on a attribué à chacune d'elles une conique particulière, et tantôt on a admis une seule courbe pour représenter la marche du nuage météorique rencontré annuellement par la terre dans tel point de son orbite. Cette dernière manière d'envisager la révolution des étoiles filantes dans les espaces célestes, a été adoptée par A. Erman [1], et par Walker [2]. Elle paraît offrir plus de probabilité : il sem-

[1] *Astronomische Nachrichten*, n° 385, Bd. XVII, S. 12.
[2] *Transactions of the philosophical Society of Philadelphy*, vol. VIII, p. 110.

blerait difficile, en effet, d'expliquer comment des milliers de petits corps, décrivant des orbites indépendantes, s'entre-croiseraient mutuellement dans un même point, qui serait justement situé sur la route que notre globe parcourt annuellement. On ne pourrait, je pense, donner cette explication qu'en supposant à tous ces corps une origine commune, et en admettant qu'ils aient tous passé autrefois par le point dans lequel leurs orbites se coupent aujourd'hui. Or, la circonstance que ce point soit situé dans l'écliptique même, ou du moins très-près de cette courbe, rend cette hypothèse fort peu probable. Il est par conséquent bien plus naturel d'admettre que le nuage météorique marche en corps, et suivant une route qu'on peut représenter par une orbite unique. Toutefois la démonstration de ce fait est encore loin d'être acquise à la science.

Les éléments de l'orbite suivie par le nuage météorique qui rencontre la terre vers le 10 août de chaque année ont été calculés par Walker, ainsi qu'il suit:

Demi-grand axe	0,686
Excentricité	0,488
Longitude du périhélie	144°,2
Longitude du nœud ascendant	157,5
Inclinaison	78,9
Époque pour le 1er janvier 1840	28,5

Mais avant que ces hypothèses soient vérifiées, il faudra réunir encore des observations poursuivies pendant un certain nombre d'années, et examiner comment les résultats des observations ultérieures s'accorderont avec elles. Il faut donc ici, comme pour le perfectionnement de toutes les théories imparfaites, ou imparfaitement démontrées, multiplier encore les observations. Il faut surtout s'attacher à en recueillir les résultats immédiats, ceux que l'on peut obtenir indépendamment de toute supposition.

Parmi les résultats de cette nature, il y en a plusieurs qui se déduisent de la situation relative des trajectoires apparentes des météores. Ces données peuvent conduire à des considérations intéressantes sur le lieu du point de contact de l'atmosphère terrestre avec l'axe du cou-

rant d'astéroïdes, et sur la direction que ceux-ci possèdent au moment de ce contact. Ainsi l'on a remarqué que les trajectoires des étoiles filantes, suffisamment prolongées dans des grands cercles, vont généralement passer à proximité d'un même point de la sphère céleste, qui, pour cette raison, a reçu le nom de *point de convergence*. Ces mêmes grands cercles déterminent aussi, par leurs intersections mutuelles, un autre point diamétralement opposé, qui est le *centre d'émanation*. Olmsted est, je crois, le premier qui ait remarqué et signalé, en 1833, l'existence d'un centre d'émanation, dans les pluies ou apparitions extraordinaires d'étoiles filantes [1].

Une autre circonstance à laquelle on ne me paraît pas avoir fait attention jusqu'à présent, c'est que l'émanation a lieu suivant un ou plusieurs fuseaux déterminés, de sorte que dans le voisinage de certains grands cercles, tirés du centre d'émanation, et rencontrant l'équateur céleste dans des points déterminés, les météores sont plus nombreux et plus serrés.

Mon but, en effectuant les calculs numériques dont les résultats sont consignés ci-après, a été de fournir des données, tirées immédiatement de l'observation, et indépendantes de toute hypothèse. Ce sont uniquement des déterminations du centre d'émanation, et des directions suivant lesquelles les trajectoires sont plus multipliées. Mais ces calculs m'ayant conduit à examiner, d'une part les erreurs dont les observations sont susceptibles, et de l'autre les simplifications que comportaient les méthodes de calcul dont on faisait usage jusqu'ici, je crois devoir entrer dans quelques détails relativement à ces différentes questions.

I. — DES ERREURS PROBABLES DES OBSERVATIONS D'ÉTOILES FILANTES.

L'observation d'une trajectoire d'étoile filante se compose essentiellement de la détermination de deux points de la sphère céleste, situés sur cette trajectoire même. Deux points suffisent en effet, pour

[1] *Sillimans american Journal*, vol. XXV, p. 363.

assigner la position d'une droite, et jusqu'ici tous les astronomes ont admis que les trajectoires vraies des étoiles filantes sont des lignes droites[1]. Ils se fondent pour cela sur le jugement porté par tous les observateurs. La presque totalité des étoiles filantes paraissent se mouvoir dans des directions rectilignes. Une très-faible courbure de la trajectoire serait sensible pour un œil exercé. Or, on ne remarque rien de semblable dans la marche apparente des étoiles filantes, à un très-petit nombre d'exceptions près. Quelques-uns de ces météores ont affecté, il est vrai, des trajectoires curvilignes, et quelques autres ont été signalés pour avoir décrit des crochets; mais ces exceptions sont rares et peu nombreuses. Il semble donc qu'on puisse admettre en général, sans craindre d'erreur sensible, que les étoiles filantes se meuvent dans des grands cercles de la sphère céleste.

Il est évident que la détermination de ces grands cercles sera d'autant plus précise qu'elle résultera de la situation de deux points plus éloignés entre eux. Aussi tous les observateurs s'accordent-ils à définir chaque trajectoire apparente d'étoile filante par les points d'apparition et d'extinction de l'étoile. La difficulté de l'observation est de préciser, d'indiquer ces points avec une exactitude suffisante. C'est dans l'acte de déterminer ces deux points qu'il existe une source d'erreur.

Plusieurs méthodes ont été employées pour reconnaître les points d'apparition et de disparition d'une étoile filante. La plus simple sans aucun doute consiste à désigner ces points par les noms des étoiles fixes avec lesquelles ils coïncident. Cependant, comme la coïncidence est rarement bien rigoureuse, et comme il y a de grandes étendues du ciel qui sont dénuées d'étoiles fixes visibles à l'œil nu, l'inexactitude qui subsiste est quelquefois considérable. En traçant immédiatement la trajectoire sur une carte céleste, la précision s'accroît certainement, mais l'observateur est distrait plus longtemps de l'inspection du ciel. Au reste, lorsqu'on désigne au besoin non pas sur quelle étoile fixe, mais entre quelles étoiles fixes le météore s'est trouvé, on atteint une

[1] *Correspondance mathématique et physique*, tom. IX, p. 190.

exactitude égale sans doute à celle du tracé sur une carte. Les deux procédés ne forment qu'une seule méthode, qui consiste à déterminer la trajectoire d'une étoile filante par deux points de la sphère céleste rapportés aux étoiles fixes. Brandès et Benzenberg sont, à ma connaissance, les premiers auteurs de cette méthode [1].

Plusieurs observateurs, entre autres K. Littrow [2], déterminent la trajectoire par rapport à l'horizon, en évaluant l'élévation et l'azimut de chacun des points déterminatifs. Lorsqu'on a pour but de soumettre les trajectoires à certains calculs, particulièrement à la recherche du centre d'émanation, cette méthode a le grave inconvénient d'exiger une réduction particulière pour chaque étoile filante. Le nombre des météores rend nécessairement ce travail très-long. Les observations sont par conséquent exposées à demeurer infructueuses sous ce rapport, l'étendue des calculs étant doublée.

Une troisième méthode, proposée par K. Littrow [3], consiste a employer un théodolite particulier à la détermination des points du ciel dont il s'agit. La nature de l'instrument indique déjà que les coordonnées sont rapportées à l'horizon, et l'on retombe ainsi dans l'inconvénient de la méthode précédente. De plus, l'opération du pointé, outre qu'elle prend beaucoup de temps, ne peut s'effectuer que d'après des souvenirs. Les lectures absorbent encore un temps précieux pour l'observateur. Si cette méthode n'exige pas une connaissance aussi parfaite du ciel étoilé, elle nécessite du moins le souvenir du lieu et des configurations des étoiles voisines de la trajectoire. Mais qui ne voit pas que ces souvenirs suffiraient pour rapporter cette trajectoire sur une carte céleste.

La grande majorité des observateurs ont jusqu'ici rapporté les étoiles filantes aux points du ciel étoilé près desquels elles ont paru et elles se sont éteintes. J'ai suivi la même marche dans les observations que j'ai faites de ces météores en août 1842. C'est particulièrement

[1] Brandès, *Beobachtungen über die Sternschnuppen*. Leipzig, 1825, in-8°.
[2] *Annalen der KK. Sternwarte zu Wien.*
[3] *Comptes rendus de l'académie des sciences*, tom. VI, p. 921.

pour cette méthode que je vais examiner l'importance des erreurs que l'on peut commettre.

Quand l'observation d'une étoile filante, au lieu de fournir simplement les deux extrémités de la trajectoire, donne encore un point intermédiaire, il est facile de reconnaître la précision des observations, en calculant l'angle formé par les deux trajectoires partielles. Ainsi, si l'on fait passer un grand cercle par le point d'apparition de l'étoile et par le point intermédiaire qu'elle a occupé, puis un autre grand cercle par ce même point et par le point d'extinction, l'angle de ces deux grands cercles approchera d'autant plus de 180° que la détermination des points qui servent à les conduire aura été plus exacte.

Mes observations d'août 1842 fournissent deux exemples dans lesquels la trajectoire a été indiquée par trois étoiles. Le premier est celui du météore n° 67 du 9 août. Le point de départ de l'étoile filante était α *Cephei*, et son point d'aboutissement γ *Lyrae*. Dans l'intervalle de ces deux fixes, l'étoile filante a passé sur η *Lyrae*. Les positions de ces trois astres, d'après le catalogue de la société astronomique, et en se bornant aux minutes d'arc, étaient respectivement :

	α *Cephei*,	η *Lyrae*,	γ *Lyrae*.
	—	—	—
AR.	318°42′	287°5′	283°15′
D.	+ 61.55	+ 38.53	+ 32.29.

D'après ces données, il est aisé de trouver, au moyen des formules ordinaires de la trigonométrie sphérique, que l'angle formé par les deux trajectoires partielles était de 177°33′.

La différence de cet angle avec 180° est très-légère. La route de l'étoile filante n'ayant manifesté aucune apparence de courbure, il faut chercher la cause de cette différence dans le défaut de coïncidence exacte entre les étoiles fixes nommées et la trajectoire du météore. L'erreur de chacune des trois déterminations est probablement différente. Cependant, dans l'impossibilité d'indiquer les rapports

de ces erreurs, nous les supposerons égales entre elles. Nous allons donc chercher à quelle distance, en arc, de chacune des étoiles fixes indiquées, l'étoile filante a dû passer pour ne décrire qu'un seul et même arc de grand cercle, dans l'hypothèse où cette distance aurait été la même par rapport à chaque fixe. A cet effet, décrivons autour de chaque étoile fixe donnée un cercle, tracé sur la sphère céleste, et ayant pour rayon un arc de grand cercle égal à l'erreur de l'observation. Les trois cercles tracés autour des trois points observés seront égaux entre eux en vertu de la supposition précédente. Faisons ensuite passer un arc de grand cercle tangent à ces trois circonférences. Ce dernier arc représentera la trajectoire réelle.

Les petits cercles tracés autour des points déterminatifs étant égaux entre eux, la trajectoire réelle coupera les trajectoires partielles observées chacune en son milieu. Le grand cercle joignant ces deux milieux sera par conséquent cette trajectoire réelle. L'arc de grand cercle conduit de l'étoile fixe intermédiaire perpendiculairement sur cette même trajectoire, sera l'erreur cherchée de la détermination, l'erreur de l'observation. On peut donc très-facilement, par la simple résolution de triangles sphériques, résoudre le problème que nous venons de poser. En appliquant cette marche de calcul à l'étoile filante n° 67 du 9 août, j'ai trouvé pour la distance, supposée égale, de chaque étoile fixe déterminatrice à la trajectoire de l'étoile filante ramenée à un seul et même arc de grand cercle.... 0°7′.

Le second exemple dans lequel j'ai noté trois points de la trajectoire est celui du n° 84 du 11 août. La route de l'étoile filante est spécifiée par les deux fixes δ *Draconis* et γ *Draconis*, et par le point milieu de la droite qui joint π et ρ *Herculis*, d'ailleurs très-voisines entre elles. J'ai mentionné à l'instant même que l'observation était très-rigoureuse. On peut donc regarder cet exemple comme moins sujet aux erreurs de détermination. Les trois points du ciel observés sont :

	δ Draconis.	*γ Draconis.*	Entre *π* et *ρ* *Herculis.*
	—	—	—
AR.	288° 7′	268°14′	258°27′
D	+ 67.23	+ 51.31	+ 37. 9

On en tire pour l'angle formé par les deux trajectoires partielles.... 174°38′. L'erreur de chaque observation, toujours dans la supposition que les trois erreurs soient égales entre elles, s'élève à 0°24′.

Cette dernière détermination était cependant favorable. L'erreur que l'on est exposé à commettre, dans l'observation de chaque point de la trajectoire, est ordinairement plus considérable. On peut la porter sans doute à *un degré*. Aussi me suis-je borné, dans les calculs qui se trouvent ci-après, à prendre les positions des étoiles fixes déterminatrices à 1° près. Il serait illusoire, dans la plupart des circonstances ordinaires, de vouloir répondre de quantités d'un ordre moindre.

J'emploierai encore ici, à l'appui de la limite que je viens de fixer approximativement, l'observation du n° 62 du 11 août. Je vais transcrire textuellement la note que j'inscrivis sur-le-champ dans mes observations : « Le n° 62 parut auprès de *e Cassiopeae;* il marchait » vite, et s'était approché fort près de *γ Cephei*, lorsque sa marche » se ralentit subitement, et que sa direction fit un crochet vers » l'Ouest. La traînée, qui subsista un instant, reproduisait la figure » de ce crochet. L'angle des deux portions de la trajectoire pouvait » être d'environ 160°. » Dans les colonnes du registre des observations, le point de disparition est indiqué à *κ Cygni*. Les trois points donnés sont ici :

	e Cassiopeæ.	*γ Cephei.*	*κ Cygni.*
	—	—	—
AR.	27°16′	353°29′	288°21′
D.	+70. 8	+ 76.45	+ 53. 5.

L'angle des deux trajectoires partielles, calculé d'après ces nombres, a dû être 156°1′. Je l'avais donc jugé avec assez d'exactitude en

l'estimant à 160°. La route de l'étoile filante avait été indiquée à l'instant de l'observation, comme ayant présenté une figure crochue. Et cependant, en supposant que la trajectoire réelle eût été rectiligne, il ne faudrait attribuer que 1°47′ d'erreur à chaque détermination, pour accorder les observations avec cette hypothèse. Cet exemple me paraît prouver suffisamment que la courbure des trajectoires, lorsqu'elle existe, est sensible à l'œil, quand même elle est peu prononcée. Il prouve encore que l'erreur de chaque détermination, dans le cas dont il s'agit, ne montait pas, à beaucoup près, à 1°47′. Je pense donc qu'on peut s'en tenir à la limite de 1° que j'ai cru pouvoir fixer tout à l'heure.

II. — DE LA DÉTERMINATION DES COORDONNÉES DU CENTRE D'ÉMANATION.

Si toutes les trajectoires des étoiles filantes passaient rigoureusement par le centre d'émanation, il suffirait de deux de ces trajectoires pour trouver les coordonnées de ce point. Celui-ci coïnciderait alors avec l'intersection des deux grands cercles décrits par les deux météores. Mais il est loin d'en être ainsi. Les trajectoires ne partent pas rigoureusement du centre d'émanation. Elles passent à plusieurs degrés, dans la plupart des cas, du point désigné comme tel par l'ensemble des observations. Il faut donc pouvoir combiner celles-ci, dans le plus grand nombre possible, pour déterminer la situation la plus probable du centre d'émanation. Chaque étoile filante doit par conséquent fournir une équation de condition, qu'on puisse combiner avec toutes les autres par la méthode des moindres carrés. Comme les coordonnées du centre d'émanation sont au nombre de deux, l'ascension droite et la déclinaison, ces équations offriront deux inconnues.

On s'était d'abord contenté de fixer le lieu du centre d'émanation d'après des tracés graphiques. Ce procédé imparfait a cessé d'être employé, depuis que Ad. Erman a fait connaître des formules propres à cet objet [1], et qui ont d'ailleurs de la ressemblance avec celles dont

[1] *Astronomische Nachrichten*, n° 385, Bd. XVII, S. 10.

Argelander a fait usage pour déterminer le point de concours des mouvements propres des étoiles [1]. Ces formules sont indirectes. Elles consistent à chercher les corrections que l'on doit apporter aux coordonnées déjà approximativement connues du point qu'il s'agit de déterminer. Elles ont d'ailleurs l'inconvénient d'exiger des calculs numériques beaucoup plus laborieux que celles que je vais présenter ici.

Pour définir une trajectoire d'étoile filante, il suffit de donner deux choses : la direction suivant laquelle elle coupe l'équateur céleste, et l'angle du plan qui la contient avec celui de cet équateur. J'appellerai N l'ascension droite du nœud de la trajectoire sur l'équateur céleste, et i son inclinaison. Maintenant si ces deux quantités sont données pour une étoile filante quelconque, l'ascension droite α et la déclinaison δ d'un point quelconque du grand cercle ainsi défini, auront entre elles la relation connue :

$$\text{tang. } \delta = \text{tang. } i \text{ sin. } (\alpha - \text{N}).$$

Développons... sin (α—N), et divisons toute l'équation par... cos. α; il viendra :

$$\frac{\text{tang. } \delta}{\text{cos. } \alpha} = \text{tang. } i \text{ cos. N tang. } \alpha - \text{tang. } i \text{ sin. N} \quad \ldots\ldots\ldots \quad [\text{A}].$$

Cette équation est de la forme

$$x = py + q,$$

et se prêtera à l'application de la méthode des moindres carrés. La combinaison des équations de condition fournies ainsi par chaque étoile filante conduira à deux équations finales, d'où l'on pourra déduire enfin α et δ, qui seront les coordonnées du centre d'émanation.

La formation de chacune de ces équations de condition n'exige,

[1] Argelander, DLX *stellarum fixarum positiones mediae;* Helsingfors, 1835, in-4°, Introd.

ainsi qu'on le voit, que la connaissance des deux angles N et i. Si l'on désigne par a_1 et d_1, a_2 et d_2, les ascensions droites et les déclinaisons des deux points donnés de la trajectoire, on aura :

$$\text{tang. N} = \frac{\text{tang. } d_1 \text{ sin. } a_2 - \text{tang. } d_2 \text{ sin. } a_1}{\text{tang. } d_1 \text{ cos. } a_2 - \text{tang. } d_2 \text{ cos. } a_1}, \quad \ldots \ldots \quad [B].$$

$$\text{tang. } i = \frac{\text{tang. } d_1}{\text{sin. } (a_1 - \text{N})} = \frac{\text{tang. } d_2}{\text{sin. } (a_2 - \text{N})} \quad \ldots \ldots \quad [C].$$

Le calcul numérique d'une équation de condition, d'après ces formules, exige 16 logarithmes, y compris la double détermination de tang. i, qui sert de vérification.

On remarquera que N peut avoir deux valeurs différant entre elles de 180°. Ces deux valeurs désignent les deux points d'intersection de la trajectoire avec l'équateur céleste, lesquels sont diamétralement opposés. L'inspection du sens du mouvement distingue ces deux points l'un de l'autre. J'ai toujours employé le nœud descendant, qui me donnait le point dans lequel l'étoile filante, partie du centre d'émanation, allait rencontrer l'équateur céleste. Suivant celle des deux valeurs de N que l'on emploie, tang. i reçoit des valeurs égales, mais de signes différents, attendu que sin. $(a - \text{N}) = -$ sin. $(a - \text{N} - 180°)$. On obtient donc d'un côté un angle, et de l'autre son supplément. En effet, en passant d'un nœud à l'autre, on change le côté suivant lequel se compte l'angle des deux plans.

Toutefois le calculateur n'est pas astreint à employer toujours de préférence l'un ou l'autre des nœuds. C'est ce qu'il est facile d'apercevoir en remarquant que la condition, pour un certain point, d'appartenir à tel grand cercle de la sphère, ne dépend nullement du sens dans lequel on parcourt ce grand cercle. L'inspection des formules l'atteste du reste au premier coup d'œil. Si l'on prend successivement $\text{N} = n$ et $\text{N} = n + 180°$, on obtient avec la première valeur + tang. i, et avec la seconde — tang i. Dans l'équation [A], les produits + tang. i sin. n et — tang. i sin. $(n + 180°)$ seront égaux entre eux et de même signe. Il en sera de même des produits + tang.

i cos. n et — tang. i cos. $(n + 180°)$. Quel que soit le nœud que l'on emploie, pourvu qu'on fasse usage en même temps de la valeur de i qui lui correspond, on arrivera donc à la même équation de condition.

On remarquera encore que les équations finales donneront, par leur résolution, deux points diamétralement opposés de la voûte céleste. Deux grands cercles se coupent toujours, en effet, dans deux points diamétralement opposés. La solution des équations finales fournit deux quantités x et y. On fera d'abord $y =$ tang. α, et l'on en tirera pour α deux angles qui différeront entre eux de 180°. Maintenant, comme on a x cos. $\alpha =$ tang. δ, il en résultera pour tang. δ deux valeurs égales, mais de signes contraires, suivant qu'on emploiera l'une ou l'autre des valeurs de α. Ainsi l'on obtiendra, par la résolution des équations, deux points de la sphère céleste situés à l'opposite l'un de l'autre, et il faudra encore consulter ici le sens du mouvement des météores pour distinguer le centre d'émanation du point de convergence.

J'ai préféré employer partout les coordonnées du centre d'émanation, plutôt que celles du point diamétralement opposé, du point de convergence. C'est le point d'émanation qui, dans nos climats, est élevé sur l'horizon pendant l'apparition du météore. Pour les observateurs de l'Europe et de l'Amérique du Nord, le phénomène est donc un phénomène d'émanation. Dans les lieux, au contraire, où le point de convergence est visible, il est naturel de penser, avec M. Quetelet [1], que le phénomène est un phénomène de concours. Il serait bien intéressant, sans doute, d'observer cette convergence dans quelque lieu de l'hémisphère australe de la terre. Si les choses se passaient comme nous le supposons ici, il n'y aurait plus de doute que cet effet de divergence d'un côté, et de convergence de l'autre, ne soit purement un effet optique. Le mouvement de la terre dans son orbite pourrait seul l'expliquer, et l'on aurait démontré que les

[1] *Nouveaux mémoires de l'académie de Bruxelles*, tome XV, *Catalog. des apparit. d'ét. fil.*, p. 20.

étoiles filantes sont des corps indépendants de notre globe, ayant leur situation propre dans les espaces célestes.

Je dois faire remarquer ici que la distinction de ces deux points l'un de l'autre ne peut se faire que d'après la marche de la majorité, et non de la totalité des étoiles filantes; car on en aperçoit un certain nombre qui cheminent en sens opposé des autres, se rendant au centre d'émanation. Néanmoins le partage des météores suivant ces deux caractères est fort inégal. Il sera donc toujours facile de reconnaître le sens général du mouvement apparent des étoiles filantes dans leurs trajectoires.

La situation du centre d'émanation étant déterminée, on pourrait chercher l'erreur moyenne de chacune de ses coordonnées. On emploierait à cet effet les formules ordinaires du calcul des probabilités; mais il faudrait connaître préalablement l'erreur de chaque observation. Ici cette erreur est évidemment la distance à laquelle la trajectoire passe du point obtenu par la combinaison de toutes les observations. Il s'agit donc de trouver cette distance en arc de grand cercle; pour la déterminer exactement, il faudrait résoudre successivement plusieurs triangles sphériques; mais on peut l'obtenir très-approximativement au moyen d'une formule assez simple.

L'angle p formé par la trajectoire d'une étoile filante quelconque avec le cercle horaire qui passe par le centre d'émanation, diffère peu de l'angle p' compris entre ce même cercle et l'arc qui joint le centre d'émanation au nœud de la trajectoire. Ce dernier se tire de la relation

$$\sin. p' = \frac{\cos. i}{\cos. \delta}.$$

On pourra poser $p = p'$. Appelons maintenant ε l'erreur qu'il s'agit de déterminer, et D la déclinaison du point d'intersection de la trajectoire avec le cercle horaire du centre d'émanation. On aura :

$$\sin. \varepsilon = \sin. (D - \delta) \sin. p = \sin. (D - \delta) \frac{\cos. i}{\cos. \delta}.$$

Comme ε et $D - \delta$ sont toujours assez petits, on peut remplacer les sinus par les arcs eux-mêmes, et écrire

$$\varepsilon = (D - \delta)\,\frac{\cos.\, i}{\cos.\, \delta}.$$

Observons que l'on a sensiblement

$$D - \delta = (\text{tang. } D - \text{tang. } \delta)\,\frac{d\delta}{d.\,\text{tang.}\,\delta} = (\text{tang. } D - \text{tang. } \delta)\cos.^2\delta.$$

Effectuant la substitution et les réductions, et observant que tang. D = tang. i sin. $(\alpha - N)$, on arrive enfin à l'expression :

$$\varepsilon = \sin.\, i \sin.\,(\alpha - N)\cos.\,\delta - \cos.\, i \sin.\,\delta. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [D].$$

Je n'ai pas effectué les calculs nécessaires pour déterminer les valeurs de ε, relativement aux trajectoires d'étoiles filantes que j'ai considérées. Le centre d'émanation ne peut se déterminer, on le sait, par les calculs antérieurs, qu'à quelques degrés près seulement. L'erreur moyenne de ses coordonnées ne servirait pas, par conséquent, à nous donner quelque certitude sur l'existence d'un point mathématique d'émanation : l'émanation n'a pas lieu de cette manière ni avec cette rigueur. J'ai donc cru pouvoir abréger les calculs de toute la partie relative à la formation et à la résolution de l'équation [D].

Je reconnais que dans les formules de Ad. Erman, l'erreur moyenne s'obtient plus aisément ; mais c'est qu'on a formé plus laborieusement les équations de condition, et qu'on a ainsi exécuté d'avance des calculs numériques que je crois avantageux de pouvoir négliger, lorsqu'on a quelque motif de se le permettre.

Il est essentiel de remarquer qu'on peut ranger les étoiles filantes que l'on observe dans les nuits d'apparition extraordinaire, dans deux catégories distinctes. Le plus grand nombre de ces étoiles filantes

passent à proximité du centre d'émanation, tandis que quelques autres parcourent dans le ciel des trajectoires tout différemment dirigées. Si ces dernières partent d'un centre d'émanation, il est distinct du point d'émergence des étoiles extraordinaires, et il est moins bien caractérisé. Il est clair que ces étoiles filantes sporadiques ne doivent pas entrer en ligne de compte dans le calcul du centre d'émanation des étoiles filantes de l'apparition extraordinaire.

Mais lorsqu'il s'agit de procéder à la distinction de ceux des météores qu'on doit regarder comme sporadiques, on éprouve certaine difficulté. On ne peut pas, en effet, assigner de caractères mathématiques à la classification des trajectoires. Après avoir porté sur une sphère céleste un grand nombre de trajectoires d'étoiles filantes, j'ai adopté la règle suivante, dont l'application doit avoir pour résultat d'éliminer peu d'étoiles de l'apparition extraodinaire, et de n'en comprendre qu'un petit nombre de sporadiques. Cette règle consiste à décrire sur une sphère céleste un petit cercle d'environ 15° de rayon, autour du point, approximativement connu, qui représente le centre d'émanation, et à rejeter, dans les calculs des coordonnées de ce point, les trajectoires qui ne passent pas à l'intérieur de ce cercle.

Si l'on admettait un instant que les trajectoires des étoiles filantes sporadiques fussent absolument arbitraires, on calculerait facilement la probabilité de comprendre une étoile filante de cette espèce parmi celles de l'apparition extraordinaire. Tout grand cercle qui couperait centralement le petit cercle tracé autour du point d'émanation, aurait 30° de sa circonférence, compris à l'intérieur de ce petit cercle. Dans la supposition indiquée, une trajectoire d'étoile filante sporadique couperait, avec une égale probabilité, un grand cercle quelconque dans un point quel qu'il soit de sa circonférence. La probabilité que l'intersection ait lieu dans l'intérieur du petit cercle serait $\frac{30}{360} = \frac{1}{12}$. Ainsi sur douze étoiles filantes sporadiques on en confondrait une avec les météores de l'apparition extraordinaire. Dans les calculs des observations que j'ai faites au mois d'août 1842, j'ai employé 246 équations de condition, se rapportant à autant d'étoiles filantes. De

ce nombre 192 sont relatives à des étoiles de l'apparition extraordinaire et 54 à des étoiles sporadiques. Le nombre total des étoiles filantes observées était 306 ; mais 60 trajectoires n'étaient pas suffisamment désignées pour pouvoir être employées dans les calculs. Si l'on augmente les deux nombres 192 et 54 dans le même rapport, pour arriver à former le total 306, on obtient 239 et 67. Cela revient à supposer que parmi les étoiles filantes non calculables, le rapport entre les étoiles sporadiques et celles de l'apparition extraordinaire était le même que parmi les étoiles filantes calculables. On aurait de cette manière 67 étoiles sporadiques pour 9 heures d'observation et pour un seul observateur. Ce serait 7,4 étoiles par heure. Si l'on augmente maintenant ce nombre de $\frac{1}{11}$ de sa valeur, on obtient 8,1 étoiles filantes sporadiques par heure, pour le total des étoiles filantes de cette catégorie. Un onzième de ces météores a dû être, en effet, confondu avec les étoiles filantes de l'apparition extraordinaire, d'après le calcul établi plus haut, et dans la supposition des directions tout à fait arbitraires de leurs trajectoires. Or, il est assez remarquable que ce nombre 8 soit exactement celui fixé par M. Quetelet pour les nuits ordinaires, et pour un seul observateur [1].

Il paraît qu'environ 5 étoiles sporadiques sont englobées dans les 192 étoiles filantes attribuées à l'apparition extraordinaire. Leur influence doit être peu considérable et changer très-peu de chose à la situation du centre d'émanation. Cette influence est d'autant moins importante que les trajectoires de ces étoiles filantes passent elles-mêmes à proximité du point d'émergence. Il en serait tout autrement si l'on avait employé la totalité des étoiles sporadiques. On conçoit par exemple, que la considération d'une trajectoire qui aurait le centre d'émanation non pas pour un de ses points, mais pour son pôle, doit changer les coordonnées obtenues pour la situation la plus probable de ce point, d'une manière radicale. C'est aussi ce que l'on remarque dans les tableaux qu'on trouvera plus loin. On y voit la

[1] *Bulletins de l'académie de Bruxelles*, tom III, n° 11.

situation du centre d'émanation changer quelquefois de 40 ou 50° lorsqu'on introduit la considération des étoiles sporadiques. Ces faits démontrent l'inutilité de calculer à l'avenir les équations de condition qui dépendent de ces dernières étoiles. Aussi ne l'ai-je fait, dans ce travail, que pour rendre cette remarque plus sensible.

III. — DE LA SITUATION DU CENTRE D'ÉMANATION DES ÉTOILES FILANTES EXTRAORDINAIRES D'AOUT DANS DIFFÉRENTES ANNÉES.

Il serait intéressant de pouvoir comparer la situation du centre d'émanation des étoiles filantes du mois d'août, dans des années séparées par un certain intervalle. On arriverait peut-être ainsi à des conclusions aussi importantes que celles qui résultent du déplacement de la date du phénomène par la suite des temps. Malheureusement l'averse d'août n'a été signalée qu'en 1836, par M. Quetelet. Avant cette époque, non-seulement on n'avait pas reconnu leur périodicité, mais on n'avait encore fait que très-peu d'observations précises sur les étoiles filantes. Parmi ces observations anciennes, j'en ai rencontré cependant qui appartiennent à l'année 1823; mais elles sont peu nombreuses et peu concluantes. J'ai cru toutefois devoir les soumettre au calcul. Pour les années plus récentes, 1837, 1839 et 1840, ces calculs avaient été exécutés d'après un nombre suffisamment élevé de trajectoires. Mais il y avait une lacune pour l'année 1838, et une autre pour l'année 1841 : je les ai comblées. J'ai ajouté enfin les calculs des observations que j'ai faites à Mons en 1842. J'exposerai ici avec quelques détails, les résultats partiels de chaque année, particulièrement ceux dont j'ai effectué les calculs.

1823, *août* 11^j.

Ces observations sont de Brandès, Scholz et Feldt à Breslau, et de Liedtky à Gleiwitz. Elles sont consignées dans l'ouvrage de Brandès, *Beobachtungen über die Sternschnuppen.* Leipzig, 1825, in-8°.

pages 27 à 30. Je les ai transcrites ci-après, en plaçant à côté de chaque étoile filante l'équation de condition qu'elle fournit. J'ai renfermé entre parenthèses les équations de condition qui appartiennent à des étoiles sporadiques.

Observations de Breslau.

NUMÉROS.	TEMPS MOYEN de BRESLAU.	APPARITION.		EXTINCTION.		ASCEN. DROITE du nœud descendant.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
		a_1	d_1	a_2	d_2			
10	9 h. 45 m.	278° 0′	+62° 0′	259° 0′	+58°30′	201°,4	62°,7	$x = -1{,}800y + 0{,}707$
11	10 11	26, 0	+20, 0	21, 0	+13,30	11,5	55,6	$x = +1{,}429y - 0{,}292$
12	30	300,30	— 1,20	288, 0	—20, 0	301,3	57,6	$x = +0{,}818y + 1{,}345$
13	36	241, 0	+30, 0	246,30	+20, 0	255,7	113,8	$(x = +0{,}559y - 2{,}199)$
14	50	284, 0	+14, 0	272, 0	+ 4, 0	267,4	41,1	$x = -0{,}040y + 0{,}872$
17	50	283, 0	+16,30	280, 0	+ 3,30	279,2	77,4	$(x = +0{,}718y + 0{,}442)$
18	11 7	300,30	+ 4, 0	303, 0	— 1, 0	302,5	116,5	$(x = -1{,}077y - 1{,}690)$

Ces observations fournissent, d'après les trajectoires des quatre étoiles convergentes, pour le centre d'émanation, les équations finales

$$x = +\ 0{,}102y + 0{,}657,$$
$$x = +14{,}625y - 1{,}558;$$

d'où l'on tire $\alpha = 8°40'$, $\delta = +\ 33°36'$. L'ensemble des sept trajectoires aurait donné pour équations finales

$$x = +\ 0{,}087y - 0{,}1167,$$
$$x = +13{,}082y + 0{,}4712.$$

On obtiendrait de cette manière $\alpha = 357°25'$ et $\delta = -\ 6°52'$, ce qui est absolument différent.

Nous allons voir comment les observations de Gleiwitz, qui sont relatives à des étoiles filantes identiques, donnent le centre d'émanation pour cette seconde station.

Observations de Gleiwitz.

NUMÉROS.	TEMPS MOYEN de BRESLAU.	APPARITION.		EXTINCTION.		LIEU DU NOEUD descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
		a_1	d_1	a_2	d_2			
10	9 h. 43 m.	210° 0′	+63°13′	213° 0′	+53° 0′	217°7	93°3	$x = + 12,853y - 9,929$
11	10 11	68, 0	+33. 0	120, 0	+58, 0	14,8	58,9	$x = + 1,603y - 0,425$
12	30	232.18	+ 9.40	241.30	— 3.40	244,4	31.3	$x = - 0,539y + 1,126$
13	36	207.30	+36. 0	209, 0	+21. 0	210.7	94.4	$(x = + 11,158y - 6,625)$
14	30	220. 0	+28. 0	212, 0	+20. 0	193.3	32.1	$x = - 1,236y + 0,543$
17	30	243. 0	+22. 0	242. 0	+20. 0	216.8	40.6	$(x = - 0,685y + 0,513)$
18	11 7	231. 0	+27. 0	233. 0	+16. 0	233.6	98.9	$(x = + 3,600y - 5,254)$

Ces étoiles sont regardées par Brandès comme identiques avec celles observées à Breslau. En éliminant les mêmes numéros, on trouve pour équations finales

$$x = + 3,170y - 2,221,$$
$$x = + 13,375y - 10,198;$$

d'où l'on tire $\alpha = 38°1'$ et $\delta = + 11°27'$. Les sept trajectoires réunies fournissent

$$x = + 3,822y + 2,893,$$
$$x = + 11,494y - 8,316;$$

d'où l'on déduit $\alpha = 35°15'$ et $\delta = - 8°53'$.

Il est assez singulier que pour deux stations aussi rapprochées, les résultats obtenus par des étoiles identiques soient si différents. Peut-être tous ces météores n'étaient-ils pas réellement identiques. Peut-être aussi faudrait-il tenir pour sporadique, dans une station, telle étoile filante qui semble, dans une autre station, faire partie de l'apparition extraordinaire. Cette proposition serait contraire aux

vues généralement adoptées. Il semble donc qu'on doive attirer, sur cette anomalie inattendue, l'attention des calculateurs.

Si nous nous en tenons aux seules observations de Breslau, et que nous prenions l'époque moyenne des quatre apparitions réduite au méridien de Paris, nous trouvons pour le lieu du centre d'émanation en 1823, août $11^j,398$:

$$\alpha = 8^\circ{,}40' \quad \delta = +\ 33^\circ{,}36',$$ par 4 étoiles filantes.

Ce résultat, je me hâte de le reconnaître, ne peut guère servir de base à des déductions scientifiques, attendu le petit nombre des trajectoires sur lesquelles il est fondé.

1837, *août* 10^j.

La situation du centre d'émanation des étoiles filantes, pour cette date, a été calculée par Packendorff d'après les observations de Berlin et d'après celles de Breslau. Les résultats, consignés dans le nº 404, Bd. XVII, S. 319, des *Astronomische Nachrichten*, sont les suivants :

$\alpha = 37^\circ 14' \quad \delta = +\ 57^\circ 16'$, par 46 observations de Berlin;
$\alpha = 41,46 \quad \delta = +\ 51,25$, par 200 observations de Breslau.

1838, *août* 11^j.

Il n'existait jusqu'ici aucun calcul du point d'émanation des étoiles filantes, pour l'apparition extraordinaire d'août 1838. J'ai voulu combler cette lacune, en calculant les observations faites par Feldt et von Dittersdorf, lors de cette manifestation du phénomène. Ces observations ont été faites à Braunsberg, et se trouvent publiées dans le nº 372, Bd. XVI, S. 180-182 des *Astronomische Nachrichten*. Les équations de conditions contenues entre les parenthèses sont toujours celles fournies par les étoiles filantes sporadiques.

NUMÉROS.	TEMPS MOYEN de BRAUNSBERG.	APPARITION.		EXTINCTION.		ASC. DROITE DU NOEUD descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
		a_1	d_1	a_2	d_2			
1	10 h. 30 m.	165° 0′	+62°40′	177° 0′	+55° 0′	209°,2	110°,4	$x = + 2,341y - 1,307$
2	42	229,30	+72, 0	253,30	+58, 0	275,4	105,1	$(x = - 0,406y - 4,264)$
3	53	115,30	+89, 0	177, 0	+71,20	179,7	90,9	$(x = +63,650y + 0,372)$
4	11 1	281,30	+40, 0	267, 0	+21,40	254,6	61,7	$x = - 0,492y + 1,791$
5	9	252,30	+55, 0	250, 0	+44,20	245,1	85,0	$x = - 3,672y + 7,234$
6	18	304, 0	+15,30	299,30	+ 9,30	292,7	54,8	$x = + 0,549y + 1,309$
7	18½	277,30	+10,40	274, 0	+ 5,30	270,4	56,5	$x = - 0,009y + 1,515$
8	24	205, 0	+50, 0	206,30	+44,20	213,3	96,9	$x = + 7,633y - 3,279$
9	27½	227,30	+74,30	197,40	+56, 0	180,0	78,4	$x = + 4,891y + 0,001$
10	32	330, 0	+86,30	22,30	+83, 0	52,1	93,5	$x = -10,149y + 13,020$
11	12 4	274, 0	+88,40	201,40	+63, 0	199,1	88,7	$(x = -41,995y + 14,570)$
12	32	284, 0	+30,40	280, 0	+32,30	326,1	138,5	$x = - 0,734y - 0,492$
13	34	265,30	+62,30	274, 0	+56,20	301,0	106,8	$x = - 1,704y - 2,835$
14	42	272,30	+64, 0	281,30	+59, 0	314,2	108,0	$(x = - 2,645y + 3,173)$
15	48	267, 0	+68, 0	259, 0	+63,20	230,2	76,4	$x = - 2,148y - 2,211$
16	13 3	274,30	+25,20	274, 0	+21, 0	271,8	84,4	$(x = + 0,330y + 10,230)$
17	14	296,30	+28,40	293,30	+22, 0	285,1	70,2	$x = + 0,723y + 2,675$
18	19	57,30	+37, 0	55,30	+30, 0	49,0	78,9	$x = + 3,344y - 5,849$
19	27	35,30	+88,20	146,30	+75,20	152,2	91,5	$(x = +34,182y + 17,943)$

En ne tenant pas compte des étoiles filantes sporadiques, il reste 13 équations de condition, qui donnent pour équations finales

$$x = - 0,028y + 1,506,$$
$$x = -631,330y + 555,710;$$

d'où l'on obtient $\alpha = 41^\circ 17'$ et $\delta = + 48^\circ 3'$. L'ensemble des 19 trajectoires aurait fourni

$$x = + 2,826y + 2,926,$$
$$x = + 78,508y - 3,094;$$

d'où $\alpha = 4^\circ 33'$, $\delta = + 72^\circ 20'$. On voit encore ici combien le ré-

sultat admis serait illusoire, si l'on introduisait la considération des trajectoires des météores sporadiques. Nous pourrons renouveler cette même remarque dans toutes les déterminations qui suivent.

L'instant moyen des apparitions des 13 étoiles filantes extraordinaires répond à août $11^{j},494$, temps moyen de Braunsberg. Nous aurons donc définitivement, pour août $11^{j},445$, temps moyen de Paris:

$\alpha = 41°17'$, $\delta = +\ 48°\ 3'$, par 13 étoiles filantes.

1839, *août* 9, 10 *et* 11^{j}.

Les étoiles filantes se sont montrées cette année, au mois d'août, en très-grande abondance. Elles ont été observées dans beaucoup de lieux. Les observations de Berlin des 9 et 10 août ont été calculées par Ad. Erman, et celles du 11, faites dans la même station, par Petersen. Les résultats de ces calculs sont insérés dans le n° 385, Bd. XVII, S. 10-11 des *Astronomische Nachrichten.* Les observations de Königsberg ont été calculées par Petersen qui a publié ses nombres dans le n° 404, Bd. XVIII, S. 319 du même journal. En rapportant les instants moyens des observations de Berlin au temps moyen de Paris, on a, d'après ces deux calculateurs:

Août	$9^{j},487$	$\alpha = 44°52'$,	$\delta = +\ 50°11'$	par 50 étoiles filantes,	à Berlin.
	10,406	$\alpha = 43,53$,	$\delta = +\ 52,23$	par 48 »	
	11,434	$\alpha = 38,27$,	$\delta = +\ 51,\ 3$	par 43 »	
	10	$\alpha = 54,51$,	$\delta = +\ 55,55$	par 75 »	à Königsberg.
	11	$\alpha = 55,\ 7$,	$\delta = +\ 55,17$	par 74 »	

1840, *août*, 9^{j}.

Les étoiles filantes observées à cette date à Philadelphie, ont été calculées par Forshey, relativement à la position du point d'émanation. On trouve les résultats dans le n° 428, Bd. XVIII, S. 325 des *Astronomische Nachrichten.* L'auteur a divisé la nuit du 9 août en trois portions, et a calculé séparément les coordonnées du point de convergence pour ces trois périodes. Des instants moyens qui y répon-

dent sont donnés ci-dessous en temps moyen de Paris, et les coordonnées sont relatives au centre d'émanation.

Août, 9^j672	$\alpha = 36° 8'$,	$\delta = + 53°46'$,	par 12 étoiles filantes,
9,760	$\alpha = 34,43$,	$\delta = + 53,26$,	par 15 —
9,844	$\alpha = 39,15$,	$\delta = + 53, 7'$,	par 29 —

Les instants moyens des trois périodes, comptés du méridien du lieu d'observation, étaient respectivement $9^j,456$, $9^j,544$ et $9^j,629$.

1841, *août*, 9^j.

Les observations d'étoiles filantes faites à cette époque n'ont pas encore été calculées. Elles sont cependant très-nombreuses. J'en ai employé quelques-unes à la détermination du centre d'émanation. J'ai choisi, à cet effet, parmi les observations de Vienne, qui comprennent les deux nuits du 9 et du 11 août [1], celles qui se rapprochent le plus de l'instant où l'apparition météorique a dû atteindre son *maximum* d'intensité. Les observations que j'ai calculées sont celles qui ont été faites le 9 août après 11 h. du soir, temps moyen de Vienne, hors de la présence de la lune.

Les trajectoires des étoiles filantes sont rapportées par K. Littrow à l'horizon du lieu d'observation. Pour les ramener à l'équateur céleste, il faudrait déterminer, lors de chaque observation, la situation de la sphère étoilée, et calculer, par des triangles sphériques, les ascensions droites et les déclinaisons des points qui sont donnés par leurs azimuts et leurs hauteurs. J'ai cru cependant pouvoir éviter la plus grande partie de ce travail, dans les calculs relatifs à l'apparition de 1841. Les observations que j'ai employées n'embrassent pas plus de trois quarts d'heure de durée. Dans un pareil intervalle de temps, l'azimut et la hauteur d'un point fixe de la voûte céleste, situé par rapport à l'horizon comme l'était le centre d'émanation des étoiles

[1] *Annalen der K. K. Sternwarte zu Wien, von K. Littrow*, Bd. XXI, Sternschnuppenbeob., S. 6-7.

filantes, varient à peu près proportionnellement au temps. Je me suis donc permis de déterminer directement l'azimut et la hauteur du point d'émergence des météores, comme si le ciel étoilé restait immobile relativement à l'horizon; puis j'ai converti ces coordonnées en ascension droite et déclinaison, en donnant à l'horizon et à l'équateur céleste les positions respectives qu'ils occupaient à l'époque moyenne des observations. L'erreur du résultat obtenu de cette manière ne s'élève qu'à un petit nombre de minutes: elle est donc bien inférieure à l'erreur probable du résultat lui-même, et les calculs sont considérablement abrégés.

HEURE, temps moyen.	APPARITION.		DISPARITION.		AZIMUT DU NOEUD descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
	Azimut.	Hauteur.	Azimut.	Hauteur.			
11 h. 0 m.	209°	56°	159°	29°	110°,1	56°,3	$x = -0,253y - 0,691$
2	74	74	44	46	52,7	79,5	$(x = +4,450y - 2,859)$
4	145	43	150	51	106,2	56,1	$x = -0,415y - 1,429$
4	212	38	188	36	119,7	38,0	$x = -0,387y - 0,679$
7	175	39	157	29	125,8	46,9	$x = -0,625y - 0,868$
8	179	36	159	32	102,1	36,7	$x = -0,156y - 0,729$
10	252	41	348	38	18,1	122,7	$x = -1,481y + 0,484$
10	145	31	131	27	81,8	34,0	$x = +0,096y - 0,667$
11	254	57	6	39	28,2	115,0	$x = -1,893y + 1,013$
12	211	46	194	42	137,6	47,2	$x = -0,797y - 0,729$
15	65	17	55	11	38,0	53,8	$(x = +0,527y - 0,412)$
17	290	48	310	32	332,2	121,2	$x = -1,462y - 0,771$
21	135	45	107	40	50,3	45,1	$x = +0,641y - 0,773$
23	321	33	340	35	73,2	145,8	$(x = -0,197y + 0,652)$
26	80	70	57	54	8,7	71,0	$(x = +2,867y - 0,457)$
27	54	32	54	11	54,0	90,0	$y = +1,376$
28	167	45	153	38	115,0	51,8	$x = -0,557y - 1,150$
31	234	56	289	85	44,5	96,3	$x = -6,436y + 6,354$
31	—	90	20	54	20,0	90,0	$(y = +0,364)$
32	48	54	52	39	57,7	97,0	$(x = -4,372y + 6,912)$
34	55	51	54	34	52,8	88,2	$(x = +19,462y + 25,639)$
35	244	57	272	44	305,4	119,7	$x = -1,016y - 1,429$
37	242	41	260	32	295,1	132,6	$x = -0,461y - 0,985$
45	333	55	302	16	284,0	42,9	$(x = +0,224y + 0,900)$

Les équations de condition renfermées entre des parenthèses, appartiennent aux étoiles filantes sporadiques.

Les étoiles de l'apparition extraordinaire donnent pour équations finales

$$x = -1,012\,1\,y - 0,204\,6,$$
$$x = -3,473\,0\,y + 2,505\,5:$$

d'où l'on déduit, pour l'azimut A et la hauteur H du centre d'émanation

$$A = 227^\circ 46', \; H = 41^\circ 34'.$$

A l'époque moyenne des observations, l'ascension droite du cercle horaire qui passait au méridien était 309°22'. On connaît de plus la colatitude géographique de Vienne, laquelle est 41°47'. Il est facile de trouver, d'après ces données, l'ascension droite α et la déclinaison δ du centre d'émanation. J'ai obtenu $\alpha = 32^\circ 28'$, $\delta = +56^\circ 5'$.

Si l'on avait fait entrer en ligne de compte les étoiles filantes sporadiques, le nombre des équations à combiner se serait élevé de 15 à 22, et l'on aurait obtenu, par la méthode des moindres carrés, pour équations finales :

$$x = +0,354y + 1,243,$$
$$x = +36,466y + 33,494.$$

La résolution de ces équations nous aurait donné

$$A = 317^\circ 2', \; H = 33^\circ 46':$$

ce qui répond aux coordonnées célestes $\alpha = 343^\circ 53'$, $\delta = +0^\circ 31'$.

En résumé, on peut considérer que le centre d'émanation des étoiles filantes de l'apparition extraordinaire, était situé en août 1841, à l'époque $9^j,433$, temps moyen de Paris, en un point dont les coordonnées étaient

$$\alpha = 32^\circ 28', \; \delta = +56^\circ 5', \text{ par 15 étoiles filantes.}$$

1842, *août* 9, 10 et 11.

Bien que les étoiles filantes aient été observées en 1842 dans de nombreuses stations, je ne connais encore aucune détermination du centre d'émergence pour cette année. J'effectuerai ces calculs d'après les observations que j'ai faites à Mons à cette époque. J'indiquerai dans le cinquième paragraphe les circonstances propres à faire connaître la portion de la voûte céleste que j'apercevais, et le temps que l'inscription de chaque observation pouvait absorber. L'instant d'apparition d'une étoile filante était noté au dixième de minute seulement, et la durée de l'apparition du météore était comptée d'après le nombre de pulsations qu'une montre ordinaire effectuait pendant cette durée. Cette montre faisait 288 battements par minute.

Le 9 août les observations ont commencé aussitôt que l'affaiblissement du crépuscule a permis de distinguer la voie lactée et les petites étoiles, et on les a poursuivies jusqu'à la disparition de la voie lactée par le crépuscule du matin. Dans cette durée de cinq heures et demie, on s'est interrompu une demi-heure pour prendre quelque repos, et l'on a perdu encore quelques minutes, à deux reprises différentes, pour déterminer le temps absolu par des hauteurs de α *Lyrae* et de α *Cygni*. Le nombre des étoiles filantes notées a été de 155.

Le 10, les observations n'ont pu commencer qu'après minuit et demi. Un orage, accompagné d'un fort coup de vent, avait éclaté dans la soirée. A 10 heures le ciel était entièrement couvert, et bientôt après il tombait un peu de pluie. Mais après minuit le ciel s'éclaircit et l'on put commencer les observations. Pendant toute leur durée, qui fut d'une heure pour cette nuit, le vent du sud soufflait avec violence.

Le 11 août, les observations commencèrent aussitôt que la voie lactée devint visible. Mais on ne les prolongea pas, comme l'avant-veille, jusqu'au retour du crépuscule, parce qu'on pouvait facilement

s'apercevoir que le phénomène était à son déclin, et que les étoiles sporadiques étaient presque en nombre égal à celui des étoiles convergentes ou extraordinaires. Je quittai le lieu d'observation vingt minutes après minuit.

Les tableaux qui suivent contiennent les données recueillies dans ces observations. On y a joint les ascensions droites et les déclinaisons des étoiles déterminatrices, exprimées seulement en degrés, conformément aux motifs indiqués dans le premier paragraphe. On a ajouté à la mention de chaque météore, toutes les fois que sa trajectoire était suffisamment définie, l'ascension droite du nœud descendant de cette trajectoire sur l'équateur, et son inclinaison par rapport à ce plan. Enfin, dans une dernière colonne, on a inséré l'équation de condition fournie par cette même trajectoire, pour le calcul du centre d'émanation.

J'ai transcrit textuellement, à la suite du tableau des observations de chaque nuit, les remarques que j'avais jointes aux observations mêmes.

Observations du 9 août 1842.

Nos.	HEURE, temps moyen.	GRAND	DURÉE.	APPARITION. ASTRE.	a_1	d_1	EXTINCTION. ASTRE.	a_2	d_2	REMARQUES.	ASC. DROITE du nœud descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
1	9h 7m,0	4	0s,4	Entre α et β Cephei.	321°	+66°	Entre β et γ Draconis.	266°	+52°	Avant d'observer régulièrem[t].	231°,2	66°,0	$x = -1,406y + 1,751$
2	27,8	4	0,3	η Pegasi.	339	+29	β Aquarii.	321	− 6	»	323,8	64,7	$x = +1,709y + 1,250$
3	32,2	2.3	0,8	c Androm.	344	+42	α Equulei.	317	+ 5	Traînée. L'étoile d'un blanc superbe.	314,2	61,1	$x = +1,265y + 1,299$
4	38	3	0,6	β Cygni.	291	+28	θ Serpent.	282	+ 4	»	280,7	71,3	$x = +0,547y + 2,910$
5	42,8	5	0,6	Anon. Camelop.	69	+65	ο Ursae maj.	124	+62	»	179,3	113,6	$x = +2,287y + 0,027$
6	51	5	0,6	ε Aquarii.	310	−10	Entre ε et θ Pegasi.	327	+ 7	»	140,0	134,6	$x = +0,775y + 0,651$
7	51	2.5	0,6	η Pegasi.	339	+29	Au-dessus de α Capric.	302	−10	Traînée.	310,7	49,4	$x = +0,762y + 0,886$
8	56,5	4	0,5	δ Androm.	8	+30	θ Piscium.	351	+ 5	»	348,0	59,4	$x = +1,656y + 0,350$
9	59	3	1,7	κ Pegasi.	324	+25	κ Androm.	353	+43	Traînée.	120,7	130,3	$x = +0,602y + 1,013$
10	10 0,0	3	0,6	β Androm.	15	+35	ε Piscium.	14	+ 7	»	13,8	88,2	$x = +31,940y - 7,834$
11	2,2	3	1,0	ε Cygni.	310	+33	α Delphin.	308	+15	»	306,6	84,8	($x = +6,528y + 8,804$)
12	3,9	1.2	1,4	γ Cephei.	353	+77	β Dracon.	262	+52	»	245,6	77,6	$x = -1,874y + 4,132$
13	4,9	3	0,6	ο Androm.	344	+42	β Cassiop.	0	+58	»	145,3	109,6	$x = +2,314y + 1,600$
14	6	4	»	λ Cygni.	310	+36	β Delph.	308	+14	»	306,9	85,8	($x = +8,194y + 10,891$)
15	7,0	2	»	α Cassiop.	8	+56	α Pegasi.	344	+14	»	339,4	72,1	$x = +2,899y + 1,090$
16	7,5	2	»	β Pegasi.	344	+27	γ Androm.	29	+42	»	130,3	137,5	$x = +0,593y + 0,700$
17	8,8	3	0,7	α Androm.	0	+28	β Piscium.	344	+ 3	»	342,3	60,2	$x = +1,665y + 0,332$
18	10,8	2	1,0	δ Cassiop.	19	+59	ο Androm.	344	+42	Traînée.	315,1	61,7	$x = +1,317y + 1,311$
19	13	1	1,6	θ Androm.	1	+39	ζ Pegasi.	338	+10	Idem.	331,9	59,1	$x = +1,472y + 0,725$
20	13,8	4	»	ο Androm.	344	+42	ε Pegasi.	324	+ 9	»	319,9	65,6	$x = +1,686y + 1,417$
21	23,7	3	0,8	κ Androm.	353	+43	μ Pegasi.	341	+24	»	330,5	67,7	$x = +2,116y + 1,199$
22	24,8	♃.1	1,7	β Cephei.	322	+70	Est γ Drac.	269	+51	Traînée.	242,8	70,5	$x = -2,442y + 1,279$
23	26,4	2	»	Cerv. tar.	27	+71	β Urs. maj.	163	+57	Idem.	177,9	99,5	$x = +5,973y + 0,216$

31	49.4	3	1,9	α Sagittæ.	293	+18	λ Sagittarii.	275	—26	»	285,8	69.0	$x = + 0,708y + 2,500$
32	52,4	3.4	1,2	ε Urs. min.	253	+82	Entre α Urs. min. et la tête de la Grande Ourse.	10	+73		51,3	93.6	$x = - 8.796y + 3.341$
33	34	4	1,2	δ Dracon.	288	+67	ε Urs. min.	255	+82	»	122.0	84.1	$(x = - 3.155y - 8.240)$
34	37	4	0.6	Entre γ et ε Cyg.	307	+36	α Cygni.	309	+43	.	121.7	97.2	$(x = + 4,148y + 6,711)$
35	38.2	2.3	1,1	Entre α et β Ceph.	320	+66	Entre γ Dracon. et α Lyræ.	273	+43		247,9	67,0	$x = - 0,887y + 2.188$
36	39	3.4	1,2	ε Cassiop.	26	+63	δ Dracon.	288	+67	»	242,3	73.1	$x = - 1,326y + 2.793$
37	11 2	6	.	»	.	»	»	»	»	Monte presque verticalement dans Cassiop.	.	»	
38	3,1	2.3	»	δ Cassiop.	19	+59	γ Persei.	44	+53	»	94.6	120.2	$x = + 0,137y + 1,712$
39	4	2	0.8	Cassiop.	»	»	α Pegasi.	344	+14	Trainée.	»	»	
40	4	2	0.7	Id.	»	.	μ Cygni.	325	+28	Idem.	»	»	
41	5,6	4	1,0	φ Androm.	23	+51	Entr. δ et γ Cass.	16	+60	»	219.3	77,0	$x = - 3.343y + 2,761$
42	8,2	3	1,2	ζ Cygni.	317	+30	α Cephei.	319	+62	»	136,1	91.3	$(x = + 26,650y + 25.643)$
43	8,3	1	»	»	»	»	.	»	»	Dans Céph.	»	»	
44	32	2	»	β Arietis.	27	+20	ι Ceti.	3	-10	Après 10m d'interrupt.	190.8	127.3	$x = + 1,280y - 0.244$
45	33	2.3	1.0	Est μ Cygni.	326	+28	Est ε Pegasi.	323	+ 9	.	324.6	87.4	$(x = + 17,636y + 12.343)$
46	37,8	3	1.0	γ Persei.	44	+53	Musca.	40	+23	»	37.8	83,4	$x = + 9,748y - 7,370$
47	41	3	0.8	η Cephei.	311	+61	α Lyræ.	278	+39	Bleuâtre.	256.6	65,7	$x = - 0.514y + 2,159$
48	42.1	4	0,8	γ Lyrae.	283	+32	π Hercul.	257	+37	»	158,0	37.3	$(x = - 0.707y - 0.286)$
49	45	♃	1,5	θ Dracon.	240	+59	ζ Hercul.	249	+32	»	254.5	98,5	$(x = + 1.815y - 6.475)$
50	43 ou 44	1	»	»	»	»		»	»	Dans Androm.	»	»	
51	47	1.2	0.8	α Cassiop.	8	+56	Entre β et η Peg.	341	+28	»	327.6	66.4	$x = + 1,929y + 1.226$
52	47.3	3	0.6	»	.	»		»	»	Sous α Pegasi, parallèlement à la diag. αα du carré.	»	.	
53	43,1	3	1.5	γ Persei.	44	+53	α Triang.	26	+29	»	13.9	69.3	$x = + 2,368y - 0.636$
54	46	5	»	»	»	»	.	»	»	Près β Androm.	.	.	
55	54	3	1.0	γ Dracon.	268	+51	γ Ophiu.	263	+ 3	.	264.9	87.3	$(x = - 2.018y + 22.460)$
56	55.9	3	»	δ Cygni.	293	+43	»	»	.	Parallèlement à la voie lactée.	.	»	

N°.	HEURE, temps moyen.	GRAND.	DURÉE.	APPARITION. ASTRE.	a_1	d_1	EXTINCTION. ASTRE.	a_2	d_2	REMARQUES.	ASC. DROITE du nœud descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
57	h. m. 11 53,9	3	»	γ Dracon.	268°	+51°	»	»	»	Très-rapide.	»	»	»
58	12 2,0	2	1,0	β Cephei.	322	+70	γ Dracon.	268°	+51°	»	241°,7	70°,3	$x=-1,322y+2,454$
59	2,6	1	1,7	β Cephei.	322	+70	α Ophiu.	262	+13	Elle a passé près de γ Draconis, à l'est.	257,6	71,8	$x=-0,652y+2,975$
60	6	4	»	ζ Cygni.	317	+30	δ Cephei.	336	+58	»	126,9	106,9	$x=+1,973y+2,629$
61	7	2	1,2	β Androm.	15	+35	θ Piscium.	351	+ 5	»	347,7	56,8	$x=+1,495y+0,325$
62	8,3	4	»	κ Pegasi.	324	+25	λ Pegasi.	340	+23	»	43,5	154,6	$(x=-0,344y+0,327)$
63	9	5	0,8	θ Piscium.	351	+ 5	δ Aquarii.	342	—17	»	349,0	68,3	$x=+2,462y+0,479$
64	10,8	»	»	»	»	»	»	»	»	Dans Pégase.	»	»	»
65	10,8	»	»	ο Androm.	344	+42	κ Pegasi.	324	+23	»	305,0	55,0	$x=+0,819y+1,172$
66	12	2	»	η Persei.	40	+55	ξ Androm.	10	+23	»	358,7	65,2	$x=+2,163y+0,050$
67	12	♃	»	α Cephei.	319	+62	γ Lyræ.	283	+32	A passé sur η Lyræ. Traînée longtemps persist.	268,0	67,6	$x=-0,082y+2,421$
68	15,3	4	1,0	α Delphin.	308	+15	Jupiter.	285	—23	»	299,1	60,1	$x=+0,846y+1,519$
69	19,7	3.4	»	γ Arietis.	26	+19	ι Ceti.	3	—10	»	10,7	52,6	$x=+1,286y-0,244$
70	21,9	2	1,0	α Urs. min.	15	+89	ζ Dracon.	257	+66	»	255,1	89,1	$(x=-17,046y+63,840)$
71	22,5	1	»	θ Pegasi.	331	+ 5	δ Capric.	324	—17	»	329,4	162,6	$x=+0,877y+1,636$
72	26,1	3.6	0.8	κ Androm.	353	+43	φ Androm.	23	+51	»	125,5	51,7	$x=+0,735y+1,030$
73	28	3	»	κ Cassiop.	6	+62	α Cephei.	319	+62	»	252,5	64,0	$x=-0,617y+1,956$
74	28	1.2	»	θ Cygni.	293	+50	ξ Hercul.	268	+29	»	249,2	59,9	$x=-0,611y+1,611$
75	31	1	»	δ Aurigæ.	87	+54	κ Urs. maj.	133	+48	»	185,9	125,7	$x=+1,386y-0,143$
76	34,1	3	»	κ Pegasi.	324	+25	Entre α et γ Cyg.	307	+42	»	160,7	58,4	$(x=-1,333y-0,358)$
77	34,2	3.6	»	φ Androm.	23	+51	α Androm.	0	+28	»	344,4	63,2	$x=+1,907y+0,532$
78	36,1	4	1,0	Anonym. Camel.	69	+65	κ Urs. maj.	124	+62	»	180,7	113,6	$x=+2,291y-0,027$
79	38	1	0,8	θ Cassiop.	15	+54	ξ Cassiop.	7	+53	Traînée.	296,1	54,5	$x=+0,618y+1,260$
80	39	2	»	γ Aquarii.	333	— 2	L'horizon sous δ Capric.	320	—35	»	333,7	71,4	$x=+2,657y+1,318$
81	39	3	»	Pegasus.	»	»	Entre β Ceti et α Pisc. aust.	356	—25	»	»	»	»

[illegible]	[illegible]	[illegible]	»	Anonym. Camel.	49	+56	»	»	»	Presque immobile.	»	»	
90	12 51.0	2	»	β Pegasi.	344	+27	Delphin.	308	+15	Pris 1/2 heure de repos.	279.7	29.5	$x=+0.096y+0.358$
91	13 3,9	3	»	β Urs. min.	223	+75	λ Dracon.	171	+70	Pendant le temps de repos.	124.2	73.2	$(x=+2.124y-3.120)$
92	24.8	3.4	»	α Cephei.	319	+62	Entre γ et δ Cyg.	300	+41	Après la reprise des observations.	283.0	73,4	$x=+0,873y+3,251$
93	26,0	3	»	θ Piscium.	351	+5	α Pisc. austr.	343	−30	»	349.9	78.2	$x=+0,470y+0,833$
94	28	3	0.6	ι Aurigæ.	72	+33	β Tauri.	79	+28	»	107.1	151.3	$x=+0.332y+1.081$
95	28	3	»	β Androm.	15	+35	ι Ceti.	5	−10	»	5,4	76,6	$x=+4.184y-0.393$
96	29.2	3	»	δ Cassiop.	19	+59	Anonym. Camel.	49	+56	»	111,8	121,0	$x=+0.620y+1.346$
97	30.9	4	»	η Persei.	40	+55	Anonym. Camel.	72	+61	»	168.1	118,9	$x=+1,775y+0,375$
98	31,0	4.5	»	Cassiop.	»	»	Pegasus.	»	»	»	»	»	
99	32,0	3	0.6	γ Pegasi.	1	+14	ζ Piscium.	347	+2	Elle est restée à l'O. de γ Pegasi.	344,8	41,7	$x=+0,859y+0,234$
100	34,0	3	0,5	α Pegasi.	344	+14	μ Aquarii.	311	−10	»	324.6	36,9	$x=+0,611y+0.433$
101	36,0	4	0.3	ε Cassiop.	26	+63	γ Androm.	29	+42	»	31.3	92.8	$x=-17.278y+10.610$
102	36,3	1	»	δ Androm.	8	+30	γ Pegasi.	1	+14	Traînée.	353,7	69,8	$x=+2,709y+0,202$
103	37,4	4	»	τ Androm.	25	+39	ξ Androm.	10	+23	»	356,4	61.1	$x=+1.808y+0.112$
104	38	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
105	38,5	3	»	ι Ceti.	5	−10	Est α Pisc. aust.	343	−30	»	11,3	50.6	$(x=+1.193y-0.259)$
106	39.8	4	»	γ Cephei.	353	+77	ζ Dracon.	257	+66	»	250,9	78.9	$x=-3.221y+3.967$
107	41.0	3	»	Ouest α Aurig.	77	+46	θ Aurigæ.	87	+37	»	111,0	118,4	$x=+0,664y+1,728$
108	43	2	»	α Cephei.	319	+62	β Cygni.	291	+28	»	281.0	71,9	$x=+0,581y+2,996$
109	44,3	6	»	β Triang.	30	+34	Musca.	40	+23	»	60,6	127,0	$(x=-0,651y+1,153)$
110	46	5	»	β Persei.	45	+40	Plejades.	54	+24	»	65,9	111.1	$x=-1.140y+2.326$
111	46	2.5	»	ζ Persei.	56	+31	γ Tauri.	65	+15	Vacillante.	68,6	109,9	$x=-1.009y+2.372$
112	48,2	3	»	δ Cephei.	336	+58	p Cygni.	305	+38	»	281,6	63,1	$x=+0,397y+1,929$
113	49	3	»	ε Cassiop.	26	+63	Entre δ et ι Ceph.	338	+62	Rapide.	274,7	64,6	$x=+0.174y+2.098$
114	50	2	»	Anonym. Camel.	49	+56	α Geminor.	111	+32	»	133.9	124,0	$x=+1,066y+1,033$
115	52	3	»	δ Cephei.	336	+58	η Pegasi.	324	+25	»	319,2	79,7	$(x=+4,182y+3,614)$
116	52	2	»	ε Pegasi.	324	+9	β Capric.	303	−15	»	316.2	49.5	$x=+0.846y+0.810$
117	57.1	3	»	ξ Cephei.	329	+64	β Cygni.	291	+28	»	279,7	69.7	$x=+0.455y+2.664$

N°.	HEURE, temps moyen.	GRAND.	DURÉE.	APPARITION.			EXTINCTION.			REMARQUES.	ASC. DROITE du nœud descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
				ASTRE.	a_1	d_1	ASTRE.	a_2	d_2				
118	h. m. 13 57,9	4	»	α Pegasi.	344°	+14°	ι Ceti.	3°	−10°	»	355°,1	127°,8	$(x = -\ 1,285y - \ 0,109)$
119	58,8	3	»	χ Persei.	65	+25	δ Cassiop.	19	+59	»	256,7	65,1	$x = -\ 0,455y + \ 1,916$
120	59	2.3	»	»	»	»	»	»	»	Dans Cygnus.	»	»	
121	14 1,8	2	»	β Aurigæ.	87	+45	θ Gemin.	101	+34	»	126,3	122,3	$x = +\ 0,935y + \ 1,274$
122	1,8	2	»	λ Tauri.	58	+12	ν Tauri.	59	+ 6	»	60,0	99.3	$x = -\ 3.069y + \ 5,515$
123	3,1	2	»	α Arietis.	30	+23	ε Piscium.	14	+ 7	»	7,7	48,2	$x = +\ 1.109y - \ 0,150$
124	3,2	1.2	»	»	»	»	»	»	»	Dans Pegasus.	»	»	
125	4	2	»	β Cassiop.	0	+58	κ Pegasi.	324	+25	»	311,4	64,9	$x = +\ 1,409y + \ 1,600$
126	4,3	2	»	ζ Cygni.	317	+30	ζ Pegasi.	338	+10	»	346,7	130,7	$(x = -\ 1,153y - \ 0,267)$
127	5,9	3.4	»	δ Aurigæ.	87	+54	β Urs. min.	225	+75	»	255,6	98,2	$(x = +\ 1,729y - \ 6,719)$
128	»	3	»	»	»	»	»	»	»	Dans Pegasus.	»	»	
129	7,5	♃	»	g Cassiop.	25	+70	δ Urs. min.	278	+87	»	210,1	87,3	$x = -18.591y + 10,755$
130	9,2	4.5	»	δ Aurigæ.	87	+54	β Aurigæ.	87	+45	»	87,0	90,0	$(y = +\ 19,081)$
131	10,3	3	»	α Pegasi.	344	+14	β Aquarii.	321	− 6	»	327,8	41,7	$x = +\ 0,754y + \ 0,476$
132	10,5	5	»	α Pegasi.	344	+14	γ Piscium.	347	+ 2	Un instant après la précédente.	347,5	103,6	$(x = -\ 4,025y - \ 0,895)$
133	10,6	1	»	»	»	»	»	»	»	Descend verticalement sur α Geminor.	»	»	
134	13,1	5	»	β Triang.	30	+34	γ Pegasi.	1	+14	»	346,2	44,2	$x = +\ 0,946y + \ 0,233$
135	19,8	5	»	ν Androm.	10	+40	α Androm.	0	+28	»	345,7	62,2	$x = +\ 1,817y + \ 0,532$
136	21,2	2.3	»	π Urs. maj.	125	+66	φ Urs. maj.	145	+56	»	175,7	109,0	$x = +\ 2,893y + \ 0,216$
137	22.8	6	»	δ Piscium.	10	+ 7	β Androm.	15	+35	»	188,9	98,6	$x = +\ 6,530y - \ 1,027$
138	26,1	1	»	ε Piscium.	14	+ 7	α Pisc. austr.	342	−30	Elle est venue à l'E. de α Pisc. austr.	8,6	52,3	$x = +\ 1,278y - \ 0,192$
139	26.8	5.6	»	β Arietis.	26	+20	α Piscium.	28	+ 2	»	28,1	92,9	$x = -17,482y + \ 9,535$
140	29,7	1.2	»	Musca.	40	+25	τ Androm.	23	+39	»	240,5	55,0	$(x = -\ 0,654y + \ 1,157)$
141	31	3	»	ζ Pegasi.	338	+10	Uranus.	358	− 2	»	354,7	148,5	$(x = -\ 0,610y - \ 0,056)$
142	33,2	3	»	β Persei.	45	+40	τ Arietis.	49	+19	»	51,8	98,0	$x = -\ 4,591y + \ 5,577$
143	33	5	»	κ Tauri.	64	+21	τ Orionis.	78	− 7	»	74,6	115,7	$x = -\ 0,552y + \ 2,008$

151	46	♃.1	»	*e* Cassiop.	29	+70	λ Dracon.	171	+70	»	190.0	96,8	$x = + 8,512y - 1,466$
152	48.5	4	»	φ Androm.	25	+51	ν Androm.	10	+40	»	545,7	65.8	$x = + 1.972y + 0.504$
153	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Dans Cetus.	»	»	
154	51,0	5	»	κ Pegasi.	524	+25	β Aquarii.	521	− 6	»	521,5	84.8	$(x = + 8.559y + 6.795)$
155	14 51,9	1	»	*l* Androm.	19	+27	δ Piscium.	10	+ 7	»	7.2	68,1	$x = + 2,465y - 0.510$

« Les étoiles filantes qui se montraient pendant cette nuit, avaient presque toutes des points nombreux de ressemblance. La grande majorité étaient de la deuxième ou troisième grandeur; leur marche était régulière; leur visibilité durait un peu plus d'une demi-seconde; leur éclat était luisant, dans le genre de celui de α *Persei*. Elles laissaient en général une traînée étroite, rectiligne, plus jaunâtre que l'étoile, formée de globules et ressemblant à un chapelet à grains serrés. Le plus souvent l'étoile croît en intensité pendant les premiers moments de son apparition, elle atteint ensuite son *maximum* d'éclat, puis elle s'efface en s'affaiblissant graduellement dans la dernière partie de son cours. La traînée commence seulement à être laissée sur la trajectoire, lorsque l'étoile est devenue suffisamment brillante. Quand l'étoile s'affaiblit, elle ne traîne plus de queue.

» La traînée est plus faible à ses deux extrémités. Celle du n° 67 a persisté au moins cinq secondes. Elle était parfaitement immobile dans le ciel.

» Un fait frappant et incontestable, c'est que les étoiles filantes se montraient par couples, du moins pendant une grande partie de la nuit. Plusieurs étoiles m'ont ainsi échappé pendant que j'en notais une première. Dans la moitié des cas environ, les deux éléments d'un couple étaient d'une similitude extrême et suivaient à peu près la même route. J'en ai vu qui marchaient de conserve; un cas de ce genre a été remarqué pendant qu'on prenait des hauteurs de α *Lyrae* : il ne figure pas dans les observations précédentes.

» Pendant la dernière heure, il m'a semblé qu'il y avait moins de couples.

» Les étoiles filantes de petites grandeurs, et celles instantanées étaient fort rares. »

1	h m 12 43.2	3	0.8	Entre Musca et Triangul.	33	+30	γ Arietis.	26	+19	Commence d'observer à 12 h. 41 m.	13,5	57,5	$x=+1.324y-0.361$
2	44.3	3.4	0.4	Anon. Camelop.	49	+56	β Aurigæ.	87	+45	»	128,5	123,6	$x=+0,959y+1,179$
3	45.8	4	0.7	Id.	49	+56	δ Aurigæ.	87	+54	»	151,9	123.5	$x=+1,341y+0,717$
4	46	3	»	»	»	»	»	»	»	Dans Pegasus.	»	»	
5	46.4	»	»	Anon. Camelop.	49	+56	Entre α et β Aur.	83	+45	»	123,6	123,0	$x=+0,850y+1,282$
6	47,1	3	»	η Persei.	40	+55	φ Androm.	23	+50	S'éteint au N. de la nébuleuse.	332,6	57,1	$x=+1,374y+0,712$
7	48.6	4.5	»	λ Dracon.	171	+70	κ Urs. maj.	133	+48	»	112,9	72,8	$(x=-1,263y-0,298)$
8	50.8	5	»	Lynceus.	»	»	ι Urs. maj.	132	+49	»	»	»	
9	51.9	4	»	»	»	»	»	»	»	Dans Aries.	»	»	
10	51.9	4	»	η Persei.	40	+55	ζ Cassiop.	7	+53	Traînée.	300,6	55,4	$x=+0,736y+1,247$
11	54	»	»	δ Piscium.	10	+ 7	ι Ceti.	3	10	»	7,1	67,8	$x=+2,433y-0,303$
12	»	»	»	α Androm.	0	+28	γ Piscium.	347	+ 2	»	346,1	65,7	$x=+2,149y+0,532$
13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Dans Auriga.	»	»	
14	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Dans Pegasus, un peu après la précédente.	»	»	
15	55,4	3.4	»	γ Pegasi.	1	+14	ψ Aquarii.	347	−10	»	352,8	60,2	$x=+1,733y+0,219$
16	56.8	4.5	»	α Cephei.	319	+62	Draco.	»	»	»	»	»	
17	58.7	3.4	»	Musca.	40	+25	α Ceti.	43	+ 3	»	43,4	97,2	$x=-5,733y+5,419$
18	58.7	4	»	»	»	»	β Tauri.	79	+28	Descend vers l'hor.	»	»	
19	13 0.0	4	»	η Persei.	40	+55	γ Pegasi.	1	+14	»	353,7	63,2	$x=+1,963y+0,215$
20	0.0	4	»	α Pegasi.	344	+14	α Androm.	0	+28	»	150,8	132,6	$x=+0,949y+0,552$
21	1	4	»	Lacerta.	»	»	ξ Cygni.	313	+43	»	»	»	
22	1	4	»	ι Dracon.	288	+67	α Lyræ.	278	+39	»	272,9	42,0	$(x=+0,448y+9,006)$
23	1,5	4	»	α Persei.	48	+49	δ Aurigæ.	87	+54	»	171,7	125,9	$x=+1,368y+0,200$
24	2,5	4	»	ο Urs. maj.	124	+62	θ Urs. maj.	141	+52	»	170,7	111,2	$x=+2,550y+0,417$
25	2	4	»	φ Androm.	23	+51	α Androm.	0	+28	»	344,4	63,2	$x=+1,907y+0,552$
26	3,0	3	»	α Urs. min.	13	+89	α Urs. maj.	163	+63	»	164,0	90,5	$(x=+106,6y+30,50)$
27	3.0	2.5	»	β Androm.	13	+35	α Pegasi.	344	+14	»	329,2	44,5	$x=+0,859y+0,500$

N°.	HEURE, temps moyen.	GRAND.	DURÉE.	APPARITION.			EXTINCTION.			REMARQUES.	ASC. DROITE du nœud descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
				ASTRE.	a_1	d_1	ASTRE.	a_2	d_2				
28	h. m. »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
29	13 6.8	4.5	»	η Persei.	40°	+55°	α Cassiop.	8°	+56°	»	290°,3	56°,6	$x=+\ 0,526y+\ 1.423$
30	7.5	4	»	α Cephei.	319	+62	β Aurigæ.	87	+45	»	104.5	106.8	$x=+\ 0,833y+\ 3.217$
31	7.5	4	»	δ Persei.	55	+47	Entre Triang. et Musca.	35	+30	Traînée.	16,2	60.8	$x=+\ 1,718y-\ 0,498$
32	8.7	5	»	»	»	»	»	»	»	Dans Androm.	»	»	
33	8.7	5	»	ε Cassiop.	26	+63	δ Cephei.	336	+58	Direction exactement déterminée.	283.5	65,6	$x=+\ 0,462y+\ 1.957$
34	12.8	4	0s,4	ε Persei.	57	+40	θ Aurigæ.	87	+37	»	150,7	139,9	$x=+\ 0,733y+\ 0,412$
35	13,1	4	»	φ Androm.	23	+51	ε Piscium.	14	+ 7	»	13.0	82.0	$x=+\ 6.942y-\ 1.605$
36	13,0	3	»	»	»	»	»	»	»	Presque immobile entre *k* et γ Persei.	»	»	
37	17.2	3.4	0,6	γ Cassiop.	12	+60	γ Urs. min.	230	+72	»	205.5	82.3	$x=-\ 6,697y+\ 3.195$
38	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pendant que j'inscris la précédente.	»	»	
39	»	»	»	»	»	»	»	»	»		»	»	
40	18.3	2.5	»	ο Androm.	344	+42	κ Pegasi.	324	+25	Traînée.	303,0	55,0	$x=+\ 0,819y+\ 1.172$
41	19.8	2.5	»	Anon. Camelop.	72	+61	κ Urs. maj.	135	+48	»	170,5	118,7	$x=+\ 1.799y+\ 0.302$
42	21.1	♃	»	β Urs. min.	223	+75	α Coronæ.	232	+27	N'a pas atteint α Coronæ, mais s'y dirigeait.	233.4	92.8	$x=+12.502y-16.577$
43	23	5	»	ι Cephei.	341	+65	α Cephei.	319	+62	»	258,6	65,2	$x=-\ 0,426y+\ 2,122$
44	24	1	»	Anon. Camelop.	49	+56	ν Androm.	10	+40	»	337,5	57,4	$x=+\ 1,445y+\ 0,597$
45	26.0	5	1,5	β Arietis.	27	+20	β Ceti.	9	−19	»	17.8	66,2	$x=+\ 2,156y-\ 0,690$
46	26.7	5	»	»	»	»	»	»	»	Dans Urs. maj.	»	»	
47	27.4	5	»	Anon. Camelop.	72	+61	Lynceus.	»	»	»	»	»	
48	32,1	5	0,8	θ Cassiop.	15	+54	λ Pegasi.	340	+23	Détermin. fort exacte.	326,7	61,5	$x=+\ 1.339y+\ 1,012$
49	32,7	3.4	»	Musca.	40	+25	α Ceti.	45	+ 3	»	45,4	97,2	$x=-\ 5,715y+\ 5,401$
50	32.7	5	»	ε Persei.	57	+40	»	»	»	Atteint verticalement l'horizon.	»	»	
51	34,6	5	»	ο Urs. maj.	124	+62	θ Urs. maj.	141	+52	»	170,7	111,2	$x=+\ 2,550y+\ 0,417$
52	35.8	6	»	*d* Urs. maj.	140	+71	α Urs. maj.	165	+63	»	197,9	106.3	$x=+\ 3,261y-\ 1,055$
53	36.0	3.4	»	δ Aurig.	87	+54	κ Urs. maj.	135	+48	»	186.6	125,8	$x=+\ 1,377y-\ 0,161$

« Deux de ces étoiles filantes, les nos 36 et 54, méritent des mentions particulières.

» Le n° 36 s'est montré, faible d'abord, à la moitié de la distance qui sépare *k Persei* de *γ Persei*. Il a atteint et même dépassé la troisième grandeur; puis il s'est effacé graduellement. Pendant ce temps, l'étoile s'est approchée normalement de la ligne qui joint κ et *γ Persei*, puis elle s'est reculée par la même route. Je ne puis pas dire si le moment où la marche s'est renversée a coïncidé avec le *maximum* d'éclat. Des autres circonstances, je suis parfaitement assuré. La totalité de l'espace parcouru s'est élevé à peine à un demi-degré.

» Le n° 54, de l'éclat de *Venus*, s'abaissait majestueusement. Arrivé à quelque distance de l'horizon, il a jeté une flamme instantanée, comme s'il faisait explosion, mais sans bruit. Il est ensuite descendu un peu en dessous de *β Tauri*, et a laissé une large traînée, qui se tenait immobile de *ι Aurigae* qu'elle laissait à droite, à *β Tauri* qu'elle laissait à gauche.

» En général, les météores m'ont paru plus rapides, moins intenses, et plus prédisposés à parcourir la partie boréale du ciel, que dans les observations d'hier. Sous tous les autres rapports, ils étaient parfaitement semblables à ceux de la veille. »

J'ai fait connaître plus haut que les observations de cette nuit n'ont pu commencer que très-tard, à cause du mauvais temps. A la fin de ces observations le vent du Sud avait acquis une grande violence; bientôt des nuages parurent, et à $14^h\ 20^m$ le ciel était de nouveau couvert. Il est à regretter que cette nuit, pendant laquelle le nombre des météores était si considérable, n'ait pas été plus favorable.

Observations du 11 *août* 1842.

N°.	HEURE, temps moyen.	GRAND.	DURÉE.	APPARITION. ASTRE.	a_1	d_1	EXTINCTION. ASTRE.	a_2	d_2	REMARQUES.	ASC. DROITE du nœud descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
1	h. m. 9 6,5	»	»	α Capricor.	302°	—13°	ζ Sagittarii.	283°	—30°	Vacillante. Vue avant de commencer à observer.	»	»	
2	23	3.4	»	»	»	»	η Serpent.	273	— 3	Commencé d'observer à 9 h. 19 m.	»	»	
3	30,1	2.3	1s,0	ο Androm.	344	+42	β Aquarii.	321	— 6	»	323°,3	68°,6	$x=+\ 2,048y+\ 1,919$
4	31	3.4	1,2	β Draconis.	262	+52	α Ophiuch.	262	+13	»	262,0	90,0	$(y=+7,115)$
5	34,1	3.4	»	ε Cygni.	310	+33	α Lyræ.	278	+39	»	183,0	39,1	$(x=-\ 0,812y+\ 0,045)$
6	35,2	3	»	α Ophiu.	262	+13	η Serpent.	273	— 3	Traînée.	271,0	124,1	$(x=-\ 0,025y+\ 1,479)$
7	36,3	2	1,9	κ Androm.	353	+43	ε Pegasi.	324	+ 9	»	318,5	58,7	$x=+\ 1,232y+\ 1,091$
8	39,4	3	0,3	ε Urs. min.	256	+82	α Urs. min.	217	+76	»	184,8	82,4	$(x=-\ 7,489y+\ 0,622)$
9	41	4.5	»	ε Urs. min.	256	+82	Lynceus.	»	»	»	»	»	
10	41,7	2	1,2	κ Cassiop.	6	+62	Entre α et ο Cygni.	306	+45	Traînée.	273,9	62,0	$x=+\ 0,128y+\ 1,878$
11	42,7	1	0,4	»	»	»	»	»	»	Dans Camelopard.	»	»	
12	43	4.5	»	φ Androm.	23	+50	Nebul. Andr.	8	+40	»	338,3	59,5	$x=+\ 1,576y+\ 0,626$
13	50,0	3.4	»	δ Cygni.	295	+45	ε Aquilæ.	283	+15	»	278,7	74,3	$x=+\ 0,537y+\ 3,520$
14	51,7	3	»	β Cephei.	322	+70	ξ Dracon.	268	+57	»	253,8	70,1	$x=-\ 1,550y+\ 2,277$
15	51,7	3	»	γ Cygni.	304	+40	β Cygni.	291	+28	»	262,7	50,0	$x=-\ 0,152y+\ 1,183$
16	52	1.2	»	Ouest α Lyræ.	277	+39	α Ophiuch.	262	+13	Traînée.	256,2	66,3	$x=-\ 0,544y+\ 2,212$
17	52,9	2	»	μ Pegasi.	340	+24	γ Aquarii.	333	— 2	»	333,5	75,7	$x=+\ 3,520y+\ 1,756$
18	52,9	2.3	»	Cassiopea.	»	»	Perseus.	»	»	»	»	»	
19	54	4	»	β Cephei.	322	+70	κ Cygni.	288	+53	»	263,7	72,8	$x=-\ 0,352y+\ 3,212$
20	56,2	2	»	ο Urs. maj.	124	+62	θ Urs. maj.	141	+52	Traînée.	170,7	111,2	$x=+\ 2,550y+\ 0,417$
21	57,2	4	»	α Aquarii.	329	— 1	ρ Capric.	305	—18	»	330,3	57,2	$x=+\ 0,660y+\ 0,376$
22	58,2	4	»	γ Cassiop.	12	+60	ψ Androm.	354	+45	»	332,8	69,8	$x=+\ 1,844y+\ 1,997$
23	10 0,8	3.4	»	δ Dracon.	288	+67	β Dracon.	262	+52	»	257,0	71,8	$x=-\ 1,650y+\ 2,546$
24	0,9	2.3	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]

32	17,5	5.4	»	γ Persei.	40	[illegible]	Camelop.				»		
33	18.7	5	»	β Androm.	13	+55	δ Piscium.	10	+7		8.9	81,4	$x=+\ 6{,}545y-\ 1{,}029$
34	19.4	5	»	κ Androm.	333	+45	κ Pegasi.	339	+29	»	320.2	39,9	$x=+\ 1{,}324y+\ 1{,}102$
35	20	5	»	ψ Androm.	354	+45	ε Cygni.	310	+33	Traînée. } Ces deux numér. visib. en même temps	269,7	46,5	$x=-\ 0{,}004y+\ 1{,}005$
36	20	5.4	»	Urs. min.	»	»	Camelop.	»		Idem.	»	»	
37	22,2	5.6	»	β Cephei.	322	+70	ζ Urs. min.	258	+78		175.8	79.2	$(x=-\ 5{,}190y-\ 0{,}568)$
38	23.1	5	»	π Urs. maj.	125	+66	κ Urs. maj.	155	+48		140,7	96,9	$x=+\ 6{,}428y-\ 5{,}264$
39	26	6	»	Cepheus.	»	»	Cygnus.	»	»	»	»	»	
40	26,9	5.4	»	ζ Cygni.	317	+30	Delphin.	308	+15	Bonne détermin.	300.4	65,6	$x=+\ 1{,}020y+\ 1{,}740$
41	29.6	♃	1s,1	α Cassiop.	?	?	ο Cygni.	302	+46	»	»	»	
42	41	5	»	δ Dracon.	288	+67	θ Cygni.	295	+50	»	298.1	94.3	$(x=\ 6{,}555y\ \ 11{,}868)$
43	44.9	2	»	ι Cygni.	289	+51	δ Dracon.	288	+67	Traînée.	110.1	89,1	$(x=-\ 22{,}32y-\ 60{,}92)$
44	45.5	5	»	ι Cephei.	341	+65	α Cephei.	319	+62	»	238.6	65,2	$x=-\ 0{,}427y+\ 2{,}121$
45	47,3	5.4	»	Nord de Delph.	»	»	β Aquilæ.	297	+6	Lente.	»	»	
46	51	5.4	»	η Persei.	40	+55	μ Androm.	12	+38	»	345.6	60,4	$x=+\ 1{,}701y+\ 0{,}457$
47	51	♃.1	»	Aquarius.	»	»	Capricorn.	»	»	Sans traînée.	»	»	
48	51	2	»	Cassiop.	»	»	Perseus.	»	»	Id.	»	»	
49	52.2	5	»	α Cephei.	319	+62	ι Cygni.	289	+51	»	251.7	65,9	$x=-\ 0{,}640y+\ 1{,}956$
50	52	5	»	»	»	»	»	»	»	Au-dessus de la ligne αβ Arietis.	»	»	
51	54,6	2.5	0,4	Ouest γ Cygni.	303	+40	Est β Cephei.	323	+70	»	104,7	99.8	$(x=+\ 2{,}416y+\ 5{,}260)$
52	55,5	2.5	»	δ Urs. min.	276	+87	η Urs. min.	246	+76	»	258,6	88,2	$x=-16{,}365y+26{,}820$
53	56.6	4	»	φ Androm.	25	+50	α Androm.	0	+28	»	345,5	61,9	$x=+\ 1{,}797y+\ 0{,}552$
54	59.8	4	»	ε Cassiop.	26	+65	β Cephei.	322	+70	»	249.0	70.8	$x=-\ 1{,}028y+\ 2{,}684$
55	11 0	»	»	»	»	»	»	»	»	?	»	»	
56	2	4	»	β Urs. min.	222	+75	θ Dracon.	240	+59	»	255,5	98,0	$(x=+\ 2{,}059y-\ 6{,}861)$
57	3,6	5	»	γ Cephei.	353	+77	ζ Dracon.	257	+66	»	230.9	78,9	$x=-\ 5{,}221y+\ 5{,}968$
58	7,5	5	»	β Urs. min.	222	+75	α Urs. min.	217	+76	»	90.1	78,7	$(x=-\ 0{,}007y\ \ 5{,}016)$
59	9,4	2.5	»	ζ Cygni.	316	+30	η Aquilæ.	296	+1	Traînée.	295.4	58,6	$x=+\ 0{,}705y+\ 1{,}481$
60	10,5	5	»	ζ Cassiop.	7	+53	ο Androm.	344	+42	Traînée. — Bonne détermination.	308,8	57,4	$x=+\ 0{,}978y+\ 1{,}217$

N°.	HEURE. temps moyen.	GRAND.	DURÉE.	APPARITION. ASTRE.	a_1	d_1	EXTINCTION. ASTRE.	a_2	d_2	REMARQUES.	ASC. DROITE du nœud descend.	INCLIN.	ÉQUATION de CONDITION.
61	h. m. 11 12	6	»	β Cephei.	322°	+70°	κ Cygni.	288°	+55°	Brève.	265°,7	72°,8	$x=-0,552y+5,212$
62	14,2	♃	1s,4	e Cassiop.	27	+70	κ Cygni.	288	+55	Route et traînée crochues. Elle a passé sur γ Ceph.	»	»	
63	18,8	5	»	Lacerta.	»	»	ζ Cygni.	316	+50	»	»	»	
64	19,2	♃.1	»	θ Aquilæ.	301	— 1	Jupiter.	285	—25	»	301,7	55,4	$x=+0,761y+1,255$
65	26	5	»	δ Cephei.	336	+58	Entre ε et ζ Cyg.	313	+51	»	300,4	70,0	$x=+1,588y+2,570$
66	27,8	4	»	β Cephei.	322	+70	γ Urs. min.	230	+72	»	182,9	76,6	$(x=-4,146y+0,210)$
67	30,5	5.6	»	Delphin.	308	+15	α Capric.	302	—15	»	304,8	78,1	$(x=+2,717y+3,914)$
68	31	4.5	»	β Androm.	15	+35	ω Piscium.	358	+ 6	»	355,1	64,0	$x=+2,046y+0,177$
69	32,2	5.6	»	»	»	»	»	»	»	S'abaisse sur α Bootis.	»	»	
70	33	5	»	κ Androm.	353	+43	μ Pegasi.	340	+24	»	328,6	66,2	$x=+1,952y+1,177$
71	33	♃.1	»	κ Cassiop.	6	+63	β Cassiop.	0	+59	Un peu au N. des étoiles notées. D'un rouge prononcé. — Tr.	331,1	73,7	$x=+3,003y+1,660$
72	33	1	»	e Cassiop.	27	+70	Camelop.	»	»	Rouge. — Tr.	»	»	
73	36	2	»	α Urs. min.	15	+89	θ Dracon.	240	+59	»	258,8	89,4	$(x=-50,47y+85,42)$
74	38,5	6	»	π Cygni.	324	+50	θ Cygni.	295	+50	»	218,5	51,0	$(x=-0,968y+0,770)$
75	40	5	»	α Androm.	0	+28	γ Piscium.	347	+ 2	»	346,1	65,6	$x=+2,145y+0,551$
76	43,9	5	»	φ Androm.	25	+50	η Pegasi.	339	+29	»	313,1	51,8	$x=+0,867y+0,927$
77	45	2	»	α Urs. min.	15	+89	θ Dracon.	240	+59	Traînée.	258,8	89,4	$(x=-50,47y+85,42)$
78	45	2.5	»	»	»	»	»	»	»	Même direct. — Très-courte trajectoire. — Rougeâtre.	»	»	
79	47,8	5.6	»	κ Dracon.	187	+71	η Dracon.	245	+62	»	284,9	108,8	$(x=-0,754y-2,853)$
80	48,5	5.6	»	α Lyræ.	278	+39	α Ophiuch.	262	+13	Rapide. — Détermination peu exacte.	255,8	65,0	$(x=-0,526y+2,082)$
81	51,7	5.4	»	Entre ζ et ε Cyg.	313	+51	β Aquilæ.	297	+ 6	A passé au N. de Delphinus.	295,7	61,2	$x=+0,750y+1,664$
82	51	4	»	γ Triang.	32	+35	α Triang.	26	+29	»	337,4	49,2	$x=+1,159y+0,052$
83	54	1	»	α Capric.	302	—15	τ Sagittarii.	284	—28	Traînée.	314,9	46,0	$x=+0,731y+0,735$
84	55,2	1	»	δ Dracon.	288	+67	Entre π et ρ Herculis.	258	+37	Traînée. — Elle a passé sur γ Draconis. Déterm. très-rigour.	245,5	74,0	$x=-1,447y+3,178$
85	58,2	6	»	γ Dracon.	268	+51	ε Herculis.	255	+31	»	239,6	69,0	[illegible]

92	10	3.4	»	Entre α et β Arietis.	28	+21	α Piscium.	28	+ 2	»	28,0	90,0	$y = + 0,552$
93	15,2	1	»	Entre β et η Pegasi.	341	+28	Entre ε et θ Pegasi.	327	+ 7	»	322,9	59,7	$x = + 1,365y + 1,033$
94	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
95	16,2	4	»	α Arietis.	30	+23	α Piscium.	28	+ 2	»	27,8	84,9	$x = + 9,854y - 5,199$
96	12 18,5	2	»	δ Aquilæ.	289	+ 3	Vers Jupiter.	285	−25	Terminé les observations à 12 h. 19 m.	288,6	81,7	$(x = + 2,172y + 6,468)$

« En général, les étoiles filantes étaient plus brèves que les deux jours précédents, et circonscrites dans un plus petit espace du ciel.

» Le n° 1, cité pour sa marche vacillante, — car je n'observais pas encore régulièrement, — descendait vers l'horizon avec le mouvement indécis d'un cerf-volant qui tombe.

» Le n° 62 parut auprès de *e Cassiopeae;* il marchait vite, et s'était approché fort près de γ *Cephei*, lorsque sa marche se ralentit subitement, et que sa direction fit un crochet vers l'Ouest. La traînée, qui subsista un instant, reproduisait la figure de ce crochet. L'angle des deux portions de la trajectoire pouvait être d'environ 160°.

» Les n°s 71 et 72 étaient d'un beau rouge, et tout semblables entre eux. Ils ont offert tous les deux des traînées, qui différaient beaucoup de celles des autres étoiles filantes. Elles étaient coniques, la base au corps de l'étoile. Au lieu de persister sur la trajectoire, elles suivaient l'astre. »

Lorsque toutes les équations de condition qui figurent dans les tableaux pécédents ont été formées, je les ai combinées par la méthode des moindres carrés. Mais au lieu de les réunir en un seul groupe, je les ai fractionnées en plusieurs, dans le but de rechercher si la situation du centre d'émanation éprouve quelque changement, soit par suite de la rotation diurne de la terre, soit par l'effet des différentes phases de l'apparition extraordinaire. Déjà, dans les calculs de quelques années antérieures, on avait groupé séparément les observations des différentes nuits. Dans ceux de 1840, Forshey a commencé à subdiviser la nuit en plusieurs périodes. C'est cette dernière marche que j'ai suivie. Mais le calculateur américain n'avait opéré que sur une seule nuit d'observations, tandis que les tableaux qui précèdent nous en offrent trois successives.

Afin de donner à l'une des périodes l'époque moyenne de minuit environ, je forme un groupe particulier des observations comprises entre onze heures et demie et douze heures et demie. Les deux autres périodes comprennent, l'une les observations qui précèdent onze

heures et demie; l'autre celles qui suivent douze heures et demie.

La nuit du 9 août 1842 nous fournit les trois périodes; celle du 10 ne donne que la troisième; enfin celle du onze ne comprend que les deux premières. Les instants moyens relatifs à chaque période ont été réduits au temps moyen de Paris.

J'ai combiné d'abord les équations de condition qui se rapportaient aux seules étoiles de l'apparition extraordinaire, en éliminant celles relatives aux étoiles filantes sporadiques. Ensuite j'ai fait entrer ces dernières en ligne de compte; mais l'irrégularité des résultats que l'on obtient de cette dernière façon, ne permet pas de tirer aucune conclusion.

Le tableau ci-dessous renferme les équations finales et les résultats qu'on déduit de leur résolution.

EN ÉLIMINANT LES ÉTOILES FILANTES SPORADIQUES.	EN EMPLOYANT ÉGALEMENT LES ÉTOILES FILANTES SPORADIQUES.
1842, août 9ʲ,430. $x = + 1,367y + 1,324\,8,$ $x = + 29,453y - 7,317\,8.$ $\alpha = 17^\circ 29'$ $\delta = + 59^\circ 9'$ par 30 étoiles filantes.	$x = + 2,180y + 2,125\,9.$ $x = + 25,713y + 7,310\,3.$ $\alpha = 347^\circ 34'$ $\delta = + 58^\circ 4'$ par 37 étoiles filantes.
1842, août 9ʲ,496. $x = + 1,283\,5y + 0,786\,8,$ $x = + 5,387\,9y - 2,172\,3.$ $\alpha = 35^\circ 47'$ $\delta = + 54^\circ 15'$ par 19 étoiles filantes.	$x = + 0,949y + 4,294.$ $x = + 31,238y - 41,195.$ $\alpha = 56^\circ 20'$ $\delta = + 72^\circ 29'$ par 25 étoiles filantes.
1842, août 9ʲ,570. $x = - 0,304\,5y + 1,770\,2,$ $x = - 107,452\,5y + 56,439\,1.$ $\alpha = 27^\circ 2'$ $\delta = + 55^\circ 12'$ par 54 étoiles filantes.	$x = - 0,164\,1y + 1,251\,1.$ $x = - 164,698\,7y + 75,406\,4.$ $\alpha = 24^\circ 16'$ $\delta = + 46^\circ 58'$ par 71 étoiles filantes.
1842, août 10ʲ,544. $x = + 1,215\,6y + 0,455\,5,$ $x = + 9,072\,6y - 6,714\,9,$ $\alpha = 42^\circ 25'$ $\delta = + 49^\circ 8'$ par 35 étoiles filantes.	$x = + 3,982\,4y + 1,451\,3.$ $x = + 77,705\,0y + 19,685\,5.$ $\alpha = 346^\circ 6'$ $\delta = + 25^\circ 21'$ par 38 étoiles filantes.
1842, août 11ʲ,429. $x = + 0,19y + 2,29,$ $x = + 2211,42y - 2606,64.$ $\alpha = 49^\circ 45'$ $\delta = + 58^\circ 22'$ par 34 étoiles filantes.	$x = - 1,846\,2y + 0,657\,1.$ $x = - 42,419\,0y + 4,665\,5.$ $\alpha = 5^\circ 40'$ $\delta = + 24^\circ 18'$ par 49 étoiles filantes.
1842, août 11ʲ,491. $x = + 1,457\,8y + 0,904\,9,$ $x = + 6,264\,7y - 1,639\,5.$ $\alpha = 27^\circ 54'$ $\delta = + 55^\circ 59'$ par 18 étoiles filantes.	$x = - 2,715y + 7,708.$ $x = - 78,064y + 124,429.$ $\alpha = 57^\circ 9'$ $\delta = + 62^\circ 15'$ par 26 étoiles filantes.

De tous ces calculs, comparés entre eux et avec ceux des années antérieures, il nous paraît résulter :

1° Qu'on n'a pas de raison de supposer un déplacement progressif du centre d'émanation de l'averse d'août, soit aux différentes heures du jour, soit par la suite des années ;

2° Que la situation de ce point est mieux définie par les intersections mutuelles des trajectoires des météores, lorsque le phénomène a acquis une certaine intensité ;

3° Qu'on peut admettre pour les coordonnées du centre d'émanation, tant pour l'Europe occidentale que pour l'Amérique du Nord, $\alpha = 35^\circ$ $\delta = +55^\circ$.

IV. — DE LA DIRECTION PRÉDOMINANTE SUIVANT LAQUELLE LES MÉTÉORES PARTENT DU CENTRE D'ÉMANATION.

Si la direction suivant laquelle les étoiles filantes partent du centre d'émanation était entièrement arbitraire, la moyenne du lieu des nœuds sur l'équateur le serait également. Or, il n'en est pas ainsi, comme on peut s'en convaincre par les résultats que je vais réunir ici. On savait déjà, par les recherches de Brandès, que les étoiles filantes affectent une orientation particulière par rapport à l'horizon ; mais on n'avait pas signalé jusqu'ici un fait analogue par rapport à l'équateur céleste.

Ce qui semble assez singulier, dans cette prédominance des intersections vers tel point de l'équateur céleste, c'est que l'introduction des trajectoires des étoiles filantes sporadiques change à peine le résultat. On voyait tout à l'heure combien la considération de ces étoiles déplaçait le centre d'émanation. Or, ici les moyennes sont à peine différentes suivant que l'on y fait entrer ou que l'on élimine les trajectoires de ces météores. Je sais bien que leur nombre étant peu considérable, elles doivent exercer peu d'influence sur des moyennes; mais on peut s'assurer, en prenant la moyenne des lieux des nœuds

des étoiles filantes sporadiques, considérées indépendamment de toutes les autres étoiles filantes, que cette explication n'est pas suffisante.

J'entends ici par lieu moyen des nœuds des trajectoires, le point de la circonférence de l'équateur qui serait déterminé de la manière suivante : Si, sur une circonférence sans pesanteur, on place, aux lieux qui répondent à chacun de ces nœuds, des poids égaux entre eux, la direction du rayon qui passera par le centre de gravité du système déterminera la situation moyenne des nœuds sur cette circonférence.

Les calculs rigoureux pour prendre la moyenne conformément à ce principe seraient fort longs; mais on peut remarquer que les nœuds des trajectoires varient généralement assez peu autour d'un certain point de l'équateur. Remplaçant donc les cordes par les arcs, j'ai pris la moyenne arithmétique des lieux des nœuds situés entre 0° et 180°, et celle des lieux des nœuds qui tombaient entre 180° et 360°. La première moyenne était ordinairement inférieure à la seconde, diminuée de 180°. La moyenne générale devait par conséquent tomber vers le point 0°, soit un peu en deçà, soit un peu au delà. Dès lors en ajoutant 360° à chacun des nœuds inférieurs à 180°, afin de continuer la graduation au delà du zéro, la moyenne générale était le résultat cherché.

Sans doute ce procédé est imparfait, mais il suffit pour constater la prédominance d'une direction particulière dans les trajectoires des étoiles filantes, relativement à l'équateur céleste. Voici les nombres que j'ai obtenus :

ÉPOQUES MOYENNES.	EN ÉLIMINANT LES ÉTOILES FILANTES SPORADIQUES.					EN EMPLOYANT les ét. fil. spor.
	1re COMPOSITION.	NOMBRE d'étoiles fil.	2e COMPOSITION.	NOMBRE d'étoiles fil.	LIEU MOYEN des nœuds.	LIEU MOYEN des nœuds.
1842, août 9j,43	118°32′	10	287°35′	20	251°32′	227°17′
» » 9,50	62 58	5	289 4	14	324 19	320 5
» » 9,57	70 55	25	317 24	31	7 2	17 55
» » 10,54	96 34	18	295 11	17	17 3	20 31
» » 11,43	106 46	5	291 50	31	301 25	300 42
» » 11,49	27 34	2	332 16	16	311 36	309 26

Ce point moyen marche sans doute suivant les heures du jour, ce qui serait conforme à l'orientation constante des météores sur l'horizon; mais on ne peut guère nier la prédominance des trajectoires, relativement à un certain point de l'équateur céleste.

Au reste, si l'on veut jeter les yeux sur les résultats individuels, on verra que cette prédominance y est manifeste. Peut-être même faudrait-il reconnaître deux fuseaux principaux d'émergence, dont les arcs médians aboutiraient à l'équateur vers 240 et 330° d'ascension droite.

V. — DE LA DÉTERMINATION DU MOMENT OU UNE APPARITION EXTRAORDINAIRE D'ÉTOILES FILANTES ATTEINT SON MAXIMUM D'INTENSITÉ.

L'objet de ce pagraphe est de faire voir qu'une expression composée de termes dépendants des puissances successives du temps t, représente la formule empirique la plus simple qu'on puisse supposer pour calculer à chaque instant l'intensité de l'apparition, et pour en déterminer l'instant du *maximum* et la durée. La formule empirique qui se présente la première à notre pensée pour représenter l'intensité d'un phénomène passager, discontinu, qui croît pendant un certain temps, atteint un *maximum*, puis décroît ensuite, est celle-ci :

$$n = \alpha \sin. a + \beta \sin. 2a + \ldots..,$$

dans laquelle n désigne l'intensité du phénomène, α, β.... des constantes, et a l'angle qui a pour cosinus $\frac{T-t}{D}$, T étant l'instant du *maximum* d'intensité, D la demi-durée du phénomène, et t le temps au moment que l'on considère. Les résultats numériques de cette formule ne sont d'ailleurs admissibles qu'autant que n est positif. La fonction est donc nulle toutes les fois que $(T - t) > D$, abstraction faite des signes de $(T - t)$ et de D.

La formule posée plus haut se réduit à celle-ci

$$n = m + pt + qt^2 + \ldots\ldots,$$

lorsqu'on introduit pour sin. a, sin. $2a$,..... leurs valeurs en fonction du temps.

Nous avons dit que cos. $a = \frac{T-t}{D}$, donc

$$\text{sin. } a = \sqrt{1 - \left(\frac{T-t}{D}\right)^2}.$$

Si l'on extrait cette racine, on obtiendra une série ordonnée par rapport aux puissances paires de $T - t$; si l'on développe ensuite ces puissances, on arrivera à une expression de la forme

$$\text{sin. } a = m_1 + p_1 t + q_1 t^2 + \ldots\ldots$$

En se bornant aux deux premières puissances du temps, l'approximation est encore des quatre-vingt-dix-neuf centièmes pour $a = 90^o \pm 30^o$.

Maintenant on sait que sin. $2a$ = 2 sin. a. cos. a. Si l'on multiplie l'expression précédente par $2\frac{T-t}{D}$, le produit donnera encore une expression de même forme, en sorte que

$$\text{sin. } 2a = m_2 + p_2 t + q_2 t^2 + \ldots\ldots$$

Il en serait de même pour les multiples suivants de l'angle a. Après que l'on aura ajouté entre elles toutes ces expressions, multipliées respectivement par les constantes α, β..., on arrivera à la formule annoncée

$$n = m + pt + qt^2 + \ldots\ldots$$

On pourrait déterminer les valeurs des quantités m, p, q, ..., en fonction des constantes α, β, ..., T et D. Lorsque l'expression numérique serait formée d'après les observations, on pourrait donc trouver l'instant du *maximum* du phénomène et sa demi-durée, par la résolution de certaines équations. Mais les relations des quantités m, p, q... avec α, β..., T et D sont très-compliquées, lorsqu'on

veut tenir compte de trois ou quatre termes dans le développement de sin. a. Il sera, par conséquent, beaucoup plus expéditif de chercher le temps T qui répond au *maximum*, d'après la formule ordinaire, au moyen de l'expression même

$$n = m + pt + qt^2 + \ldots.$$

On sait, en effet, que cette formule donne un *maximum* pour la condition

$$p + 2qt + \ldots\ldots = 0.$$

De plus, si l'on nomme T′ l'instant qui répond au commencement de la manifestation du phénomène, tellement que $T - T' = D$ (en admettant que le *maximum* coïncide avec le milieu de la durée), T′ sera une racine de l'équation

$$m + pt + qt^2 + \ldots\ldots = 0.$$

Dans le cas des étoiles filantes, n ou l'intensité du phénomène, est le nombre de météores que l'on aperçoit dans un temps donné, par exemple en une heure. Mais il faut avoir soin de tenir compte des étoiles sporadiques, par l'addition d'une constante nouvelle k. Ainsi la formule empirique qui représentera l'intensité d'une apparition extraordinaire d'étoiles filantes pour l'instant t, sera définitivement

$$n = (m + k) + pt + qt^2 + \ldots \qquad [E].$$

Le *maximum*, ou milieu de l'apparition, se déduira de la relation

$$o = p + 2qt + \ldots \qquad [F].$$

et le moment initial ou final, de celle-ci

$$o = m + pt + qt^2 + \ldots \qquad [G].$$

J'ai essayé l'application de ces formules à mes observations d'août 1842. La lune n'ayant point paru pendant ces observations, et les étoiles filantes n'ayant été notées que quand le ciel était entièrement

serein, je crois les observations des différentes heures et des trois nuits très-comparables. J'ai toujours occupé, pendant toute la durée des observations, la même position. J'étais dans un lieu absolument découvert de toutes parts, sur le sommet de la colline appelée Mont-Panisel, près de Mons. J'étais couché à terre, les pieds tournés vers l'Est. Je dois faire remarquer cependant que le nombre des météores observés pendant la première partie de la nuit du 9 août devrait être légèrement augmenté. Je n'avais pas encore remarqué alors que beaucoup d'étoiles étaient suivies d'une autre à peu d'intervalle, et j'en ai perdu ainsi un certain nombre pendant que j'inscrivais celles qui avaient précédé. Mais plus tard j'attendais toujours quelques instants avant de noter l'observation, et souvent j'avais ainsi l'occasion d'inscrire deux numéros à la fois. Toutes les fois que je le pouvais, je notais l'observation sans détourner les yeux de la vue du ciel.

Cependant, comme on n'a pas les éléments d'une telle correction, d'ailleurs fort petite, j'emploierai les observations telles qu'elles sont données dans les tableaux du paragraphe troisième. En les divisant heure par heure, on trouve en exprimant les instants moyens en parties décimales du jour, et en fixant l'origine du temps au 9 août à midi, afin d'abréger les calculs numériques :

INSTANT moyen = t.	NOMBRE d'étoiles filantes observées.	ÉQUATIONS DE CONDITION.	NOMBRE d'étoiles filantes calculé.	DIFFÉRENCE calcul — obs^{on}.
0^j.412	19	$19 = (m+k) + 0{,}412p + 0{,}170q + 0{,}070r$	27	+ 8
0.454	27	$27 = (m+k) + 0{,}454p + 0{,}206q + 0{,}094r$	29	+ 2
0.496	28	$28 = (m+k) + 0{,}496p + 0{,}246q + 0{,}122r$	31	+ 3
0.548	44	$44 = (m+k) + 0{,}548p + 0{,}300q + 0{,}165r$	33	— 11
0.600	39	$39 = (m+k) + 0{,}600p + 0{,}360q + 0{,}216r$	35	— 4
1.549	35	$35 = (m+k) + 1{,}549p + 2{,}400q + 3{,}718r$	37	+ 2
2.410	32	$32 = (m+k) + 2{,}410p + 5{,}808q + 13{,}997r$	34	+ 2
2.451	30	$30 = (m+k) + 2{,}451p + 6{,}006q + 14{,}720r$	32	+ 2
2.492	33	$33 = (m+k) + 2{,}492p + 6{,}212q + 15.478r$	29	4

Le nombre 27 des étoiles filantes observées dans la seconde heure a été conclu proportionnellement de cinquante minutes d'observation. On voit que j'ai tenu compte, dans les équations de condition, du terme dépendant de la troisième puissance du temps. La considération des différentes puissances du temps jusqu'à la troisième inclusivement suppose que l'on s'est arrêté au terme dépendant de $\left(\frac{T-t}{D}\right)^2$ dans l'expression de sin. a, et qu'on a employé les termes correspondants de sin. $2a$.

Les équations finales, toujours d'après la méthode des moindres carrés, sont :

$$\begin{aligned}
34{,}111 &= (m+k) + 1{,}268p + 2{,}412q + 5{,}398r,\\
35{,}012 &= (m+k) + 1{,}902p + 4{,}257q + 10{,}032r,\\
34{,}361 &= (m+k) + 2{,}258p + 5{,}274q + 12{,}666r,\\
33{,}503 &= (m+k) + 2{,}357p + 5{,}660q + 13{,}712r,
\end{aligned}$$

qui, résolues, fournissent les coefficients numériques de la formule empirique

$$n = +\,9{,}520 + 43{,}885t + 0{,}977t^2 - 6{,}198t^3.$$

C'est au moyen de cette formule qu'ont été calculés les nombres de l'avant-dernière colonne; ils représentent les observations avec assez d'exactitude.

Pour déterminer l'instant du *maximum*, il suffit de résoudre l'équation

$$43{,}885 + 1{,}954t - 18{,}594t^2 = 0.$$

Cette équation a pour racine positive

$$T = 1^{h}{,}590,$$

en sorte que la plus grande intensité du phénomène aurait répondu au 10 août à $14^{h}10^{m}$.

Si l'on admettait cette détermination, il faudrait reconnaître en même temps que l'instant de culmination de l'apparition extraordi-

naire des étoiles filantes d'août 1842, a été de plus de cinq heures et demie en retard sur la prédiction de K. Littrow [1].

Nous avons obtenu $m + k = 9{,}520$. Si nous faisons $k = 8{,}1$ ainsi que nous l'avons trouvé plus haut, l'équation qui déterminera le moment initial du phénomène sera

$$-6{,}198t^3 + 0{,}977t^2 + 45{,}885t + 1{,}420 = 0.$$

La solution de cette équation m'a donné pour racine applicable à la question qui nous occupe

$$T' = -2^j{,}5665.$$

Cet instant initial répondrait au 6 août à $10^h 24^m$. Ainsi dès le 6 août au soir l'apparition extraordinaire aurait commencé à se manifester. Il n'y a dans ce résultat rien qui me paraisse en opposition avec les idées admises. Enfin la durée totale de cette apparition aurait été de $8^j 7^h 32^m$, et se serait par conséquent prolongée jusqu'au 14 août à $17^h 56^m$.

Je n'attache pas une très-grande importance à ces différents résultats : je ne crois pas les observations suffisamment nombreuses, pour inspirer sous ce rapport une confiance absolue. En observant les étoiles filantes d'août 1842, je n'avais pas pour but d'ailleurs d'en déterminer le nombre total. Mais ce genre d'observation, beaucoup plus facile que la détermination des trajectoires, traité par des formules empiriques telles que celle que je viens d'employer, fournirait cependant quelque lumière à la science. Ainsi, que le moment du *maximum* de fréquence des météores soit bien déterminé pour plusieurs années, et la période du phénomène, si elle est régulière, sera connue indépendamment des apparitions anciennes. La durée de l'apparition conduirait aussi à des appréciations de l'étendue du courant d'astéroïdes, dans le sens de l'écliptique. Depuis qu'on calcule les

[1] *Comptes rendus de l'académie des sciences*, tom. XIII, p. 353.

trajectoires des étoiles filantes, les observateurs paraissent avoir pour but principal de fournir des données à ces calculs, et rien n'est plus méritant sans doute. Mais on pourrait aussi tirer des lumières utiles de la seule considération du nombre, rigoureusement observé. C'est là ce que j'ai eu surtout en vue de montrer, par les calculs de ce dernier paragraphe.

FIN.

SUR LES CORRECTIONS

DE

LA LUNETTE MÉRIDIENNE,

PAR

M. LIAGRE,

CAPITAINE DU GÉNIE, ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE MILITAIRE DE BELGIQUE.

(Présenté à la séance du 1er février 1845.)

SUR LES CORRECTIONS

DE

LA LUNETTE MÉRIDIENNE.

PREMIÈRE PARTIE.

I.

La détermination exacte des ascensions droites des étoiles est une des opérations les plus importantes de l'astronomie; mais c'est en même temps l'une des plus délicates et des plus difficiles; elle a, comme la détermination des longitudes terrestres, l'inconvénient de dépendre essentiellement du *temps;* or, quoique cet élément, considéré sous le point de vue théorique, soit susceptible de servir de mesure aussi rigoureusement que l'*espace,* il est cependant bien plus inflexible que ce dernier; les instruments auxquels il sert de base sont moins faciles à conserver et à subdiviser que les instruments goniométriques, dont l'homme peut augmenter les dimensions, et rendre les subdivisions plus nombreuses et plus parfaites, à mesure que l'art de la mécanique fait de nouveaux progrès. C'est pour ce motif que l'on a si rarement déterminé des arcs de parallèles terrestres, tandis que nous possédons un grand nombre de bonnes valeurs d'arcs de méridiens : la première opération dépendait du temps, la seconde de l'espace.

Depuis Picard et Roemer, les astronomes ont renoncé complétement à obtenir les ascensions droites des astres par des mesures angulaires prises hors du méridien; ils emploient exclusivement la méthode introduite par ces deux grands observateurs, qui consiste à faire tourner une lunette dans le plan du méridien, et à noter l'instant que marque une pendule astronomique, lors du passage d'un astre au fil vertical de l'instrument. Mais, pour que cette méthode donne des garanties suffisantes d'exactitude, il faut : 1° que la lunette reste constamment dans le plan du méridien, quelqu'inclinaison qu'on lui donne relativement à l'horizon ; 2° que la pendule soit toujours bien réglée, ou du moins qu'elle ait une marche uniforme et connue.

Satisfaire mathématiquement à ces deux conditions est une chose impossible. Malgré le haut degré de perfection auquel on a porté la construction des pendules astronomiques, leur marche est toujours sujette à de petites variations, et fût-elle encore plus régulière, il n'en faudrait pas moins la contrôler. En second lieu, quelque soin que l'on puisse apporter à placer une lunette de manière à lui faire décrire rigoureusement le plan du méridien, elle en déviera nécessairement plus ou moins, soit immédiatement, soit au bout d'un certain temps. Ce serait d'ailleurs une prétention illusoire que de vouloir rétablir à chaque fois cet instrument dans le plan géométrique qu'il doit parcourir ; cette marche donnerait lieu à des tâtonnements sans fin. En effet, dans les petits mouvements que l'on produit par le moyen des vis de rappel, la réaction ultérieure provenant de l'élasticité du métal est telle, qu'il faut toujours, pendant l'opération, rester en deçà ou aller au delà du but que l'on veut atteindre. Il vaut donc beaucoup mieux, lorsque l'instrument est à peu près exactement établi, cesser de le tourmenter, et lui laisser prendre de lui-même son état d'équilibre : alors on évalue sa déviation, et l'on ramène par le calcul chaque observation au plan même du méridien où elle aurait dû être faite.

C'est à l'école de M. Quetelet que nous avons puisé cette règle, de fixer d'abord aussi parfaitement que possible les instruments dans la position qu'ils doivent occuper, et de n'y plus toucher ensuite que

dans le cas d'absolue nécessité. Cette manière d'agir, avantageuse dans toutes les circonstances, me semble devenir indispensable lorsque l'on se sert d'instruments à grandes dimensions, tels que les lunettes méridiennes à très-larges ouvertures que l'on construit maintenant. Quelque prudence que l'on apporte en les déplaçant et replaçant, on risque toujours de donner naissance à des flexions ou à des déviations, supérieures aux erreurs que l'on voulait corriger.

Pour nous conformer à ce principe, de laisser autant que possible l'instrument en place, nous aimons mieux *calculer* la collimation, que de la déduire directement d'expériences faites nécessairement de loin en loin, et qui laissent toujours planer quelque doute sur sa valeur pendant l'intervalle qui s'est écoulé entre ces expériences. D'ailleurs, lorsque l'on veut évaluer, par le retournement de la lunette, le défaut de perpendicularité de son axe optique sur son axe de rotation, il existe (outre le défaut inhérent au déplacement, que nous venons de signaler) une source d'erreur commune aux instruments de toutes grandeurs. C'est qu'il est très-rare que les tourillons reprennent, après le retournement, une position parfaitement symétrique à celle qu'ils occupaient avant; en sorte que, dans le second cas, les erreurs d'inclinaison et de déviation azimutale de l'axe peuvent différer sensiblement de ce qu'elles étaient dans le premier, et altérer ainsi la valeur de la collimation. Nous donnerons pour calculer cette dernière correction, une formule très-simple et que nous croyons nouvelle.

Quant à la seconde erreur de l'instrument, celle qui est relative à la déviation de son axe dans le sens azimutal, nous la corrigerons aussi à l'aide du calcul et des observations astronomiques. Ce moyen est d'ailleurs celui que l'on emploie toujours pour faire cette correction.

Nous démontrerons plus loin qu'il est impossible de déterminer à la fois, par l'observation directe du passage des astres, la marche de la pendule, l'inclinaison de l'axe de la lunette et sa déviation azimutale, quel que soit d'ailleurs le nombre d'équations de condition que

l'on se donne. Nous sommes donc forcés d'évaluer l'inclinaison par le moyen du niveau à bulle d'air.

Remarquons en passant que, des deux tourillons sur lesquels reposent les lunettes méridiennes, l'un est ordinairement plein, tandis que l'autre est évidé à l'intérieur : la disposition de ce dernier permet d'éclairer le champ de la lunette, au moyen d'une lampe placée sur le prolongement de l'axe. Cet arrangement me semble vicieux, car le second tourillon ne doit pas être affecté de la même manière que le premier par les changements de température, et leurs contractions et dilatations ne peuvent marcher parallèlement [1]. Cet inconvénient est augmenté par la chaleur de la lampe placée près du tourillon creux : celui-ci doit se dilater pendant l'observation, par l'effet de la chaleur constante qui le traverse, et produire ainsi une inclinaison momentanée de l'axe de rotation. Il serait donc à désirer que l'on creusât les deux tourillons, en les rendant aussi semblables que possible, et que l'on éclairât le champ de la lunette en plaçant près de chaque pivot un petit miroir qui projetterait, dans la direction de l'axe, la lumière d'une lampe fixe servant à éclairer le cadran de la pendule. La zone elliptique, placée comme réflecteur au dedans du tube, serait partagée en deux moitiés, l'une supérieure, l'autre inférieure, correspondant à chacun des deux miroirs. Si l'on intercepte l'effet de l'un de ces derniers, une moitié seulement du champ sera éclairée, et l'on pourra, dans la moitié obscure, distinguer les astres à lumière très-faible, et même observer leur passage sur le prolongement de la partie visible des fils.

Pour évaluer l'inclinaison de l'axe de rotation d'une lunette méridienne, on se sert généralement d'un grand niveau à bulle d'air très-sensible, que supportent deux branches recourbées par le haut en forme de crochet : on le suspend par ces branches sur les tourillons,

[1] Je viens de voir mon opinion confirmée, en parcourant le IIIe vol. des ASTRONOMICAL OBSERVATIONS, MADE AT THE RADCLIFFE OBSERVATORY. Oxford, 1844. On y trouve les lignes suivantes, introd. page V : *I cannot account for the discordances perceptible in the results, but on the supposition that the perforated pivot is more easily affected by changes of temperature, than the solid one : they are too great and too consistent with preceding and following observations, to be ascribed to accidental errors.*

dans deux positions renversées, et l'on obtient l'inclinaison par la méthode connue.

Mais de cette manière, on opère sur la surface supérieure des tourillons, et l'on doit s'être assuré au préalable qu'elle est exactement parallèle à l'axe mathématique autour duquel s'effectue la rotation. Pour faire cette vérification, on suspend le niveau sur les deux tourillons, et l'on tourne lentement la lunette de manière à lui faire décrire à peu près une révolution entière autour de son axe : si, dans ce mouvement, la bulle du niveau ne quitte pas ses repères, il est extrêmement probable que la forme des pivots est parfaitement circulaire, et que l'on peut diriger la lunette vers tous les points du méridien, sans changer aucunement l'inclinaison ni la déviation azimutale de l'axe. Cette épreuve n'est cependant pas tout à fait décisive, et elle peut quelquefois induire en erreur : tel serait le cas où les sections normales aux deux tourillons seraient des courbes ovales qui, dans le mouvement de rotation imprimé à l'instrument, soulèveraient ou abaisseraient de quantités égales les deux extrémités de l'axe idéal : cette disposition, sans affecter l'inclinaison, pourrait cependant faire varier la déviation azimutale. Sous ce rapport, un système de deux petits niveaux, pareil à celui que M. Gambey a adapté aux lunettes méridiennes des observatoires de Paris et de Bruxelles, me semble mériter la préférence [1]. Il donne l'inclinaison de l'axe idéal, et permet ainsi de s'assurer par expérience de la perfection avec laquelle l'artiste a exécuté les tourillons.

Dans des opérations aussi délicates que l'application du niveau à l'axe d'une lunette méridienne, on évitera avec soin tout ce qui pourrait rendre la température d'une des extrémités de la bulle supérieure à celle de l'autre, car les indications données dans ce cas seraient fautives, la bulle se déplaçant par l'effet de la chaleur. Si l'on opère avec le grand niveau, on aura la précaution de ne pas s'en servir lorsqu'il vient d'être transporté d'une salle dans une autre; mais on

[1] M. Biot a donné la description et l'explication de ce système dans la dernière édition de son *Astronomie*, tome II, section II.

attendra, pour l'appliquer, que le liquide qu'il renferme ait acquis une température sensiblement égale à celle de la salle d'observation. On se garantira par ce moyen des mouvements irréguliers et brusques auxquels la bulle est sujette, pendant qu'elle se dilate ou qu'elle se contracte.

Malgré toutes ces précautions, on n'obtient ainsi que l'inclinaison *actuelle* de l'axe, et pour certains instruments, surtout lorsque leurs dimensions sont considérables, elle paraît très-variable. Cependant, si l'on a soin de prendre au commencement et à la fin de chaque série d'observations d'étoiles l'inclinaison de l'axe de rotation, on courra bien peu de chances d'erreur en adoptant pour l'inclinaison véritable la moyenne entre les deux déterminations. Cette double opération est, à la vérité, très-assujettissante, car le maniement du grand niveau demande le concours de deux personnes, et l'emploi des petits exige seize lectures, pour donner une fois la valeur de l'inclinaison. Nous nous réservons au reste d'indiquer, dans la seconde partie de ce mémoire, un moyen qui dispense totalement de l'usage du niveau, et permet de trouver, par les seules observations astronomiques, l'inclinaison de l'axe, aussi bien que les autres corrections de la lunette méridienne.

Les formules qui résolvent les différentes parties du problème que je me suis proposé sont très-simples, comme on le verra, et elles ne renferment guère que des termes que l'on peut calculer d'avance et réduire en tables, de sorte que le travail du calculateur se trouve ramené à très-peu de chose. Elles permettront, je l'espère, d'adopter avec facilité la marche suivante : « *chaque fois* que l'on observe les passages d'une série d'étoiles, tirer des observations mêmes l'état *actuel* de la lunette. » De cette manière, l'observateur sera sûr de ne pas appliquer à ses résultats des corrections intempestives : la seule chose qu'il ait à faire, c'est de comprendre, dans la série des observations de chaque jour, quelques étoiles fondamentales, dont les ascensions droites ne laissent aucune incertitude. La suite de ce travail fera ressortir les considérations qui doivent guider dans le choix de ces

étoiles, pour qu'elles fournissent les résultats les plus sûrs et les plus avantageux possible.

J'ai divisé ce mémoire en deux parties : dans la première, je développe la méthode générale pour déterminer, au moyen des observations de trois étoiles fondamentales, la collimation et la déviation azimutale de la lunette méridienne, ainsi que l'avance absolue de la pendule; en supposant que l'inclinaison de l'axe de l'instrument ait été obtenue par le niveau à bulle d'air.

Dans certains cas spéciaux, l'observateur pourra recourir avec succès à des méthodes particulières, appropriées aux circonstances dans lesquelles il se trouvera, et aux moyens qu'il aura à sa disposition : elles sont exposées dans la seconde partie de ce travail.

II.

Commençons par rappeler la formule connue qui lie entre eux l'instant du passage d'un astre au méridien d'un lieu, celui de son passage au fil vertical de la lunette, et les erreurs dont l'instrument et la pendule peuvent être affectés :

Soit H l'heure que marque la pendule lors de l'observation du passage d'une étoile fondamentale au fil milieu du réticule.
AR l'ascension droite de cette étoile, donnée par les tables.
a l'avance absolue de la pendule.
i l'inclinaison de l'axe de la lunette dans le sens vertical; désormais nous l'appellerons simplement *inclinaison* de l'axe.
a la déviation de cet axe dans le sens azimutal; nous la désignerons par le seul mot *déviation* de l'axe.
c l'erreur de collimation.
l la colatitude du lieu d'observation.
p la distance polaire de l'étoile observée.

Quant aux signes, nous supposerons :

Pour $+i$ que l'axe est soulevé à l'Orient.
$+a$ que son extrémité orientale dévie vers le Sud.
$+c$ que le fil vertical décrit dans le ciel un petit cercle qui tombe à l'occident du méridien.

Ainsi, chacune de ces trois erreurs est *positive* lorsqu'elle a pour résultat de faire arriver une étoile du Sud au fil vertical de la lunette *après* son passage au méridien vrai.

Pour fixer les idées, nous supposerons dans ce qui va suivre, que l'étoile observée passe au sud du zénith; mais la relation à laquelle nous parviendrons sera générale, et nous verrons qu'elle s'adapterait également bien à toute autre situation de l'astre, en ayant toutefois égard aux signes que prendraient alors les lignes trigonométriques.

Les trois erreurs de la lunette étant supposées chacune très-petites, on pourra, comme il est permis de le faire pour ces sortes de quantités, les considérer séparément, et en faire la somme algébrique pour obtenir l'erreur totale qui résulte de leur ensemble sur l'instant du passage de l'astre.

Afin d'abréger le discours, appelons N le point Nord de l'horizon; S le point Sud; P le pôle céleste; Z le zénith du lieu d'observation.

Si l'axe de rotation est *incliné*, le fil du réticule décrira, non pas le méridien, mais un grand cercle que je nommerai cercle d'inclinaison, et qui coupera le méridien aux deux points Nord et Sud, s'en écartant le plus au zénith : l'angle de ces deux grands cercles est égal à l'inclinaison i de l'axe. L'étoile se trouvant sous le fil en un point E, sera donc à une certaine distance angulaire EE' du méridien : or le triangle sphérique SEE', rectangle en E', fournit la relation :

$$\sin EE' = \sin ES \sin i.$$

Mais à cause de la petitesse de l'angle i, on peut remplacer son sinus par l'arc lui-même, réduit en secondes, c'est-à-dire, multiplié par le rapport $\frac{\sin 1''}{1''}$; pour la même raison, il est permis de faire $\sin EE' = EE' \frac{\sin 1''}{1''}$, et de substituer à l'arc ES la quantité E'S qui lui est sensiblement égale. On obtient donc :

$$EE' = i \sin E'S = i \cos E'Z,$$

ou enfin

$$EE' = i \cos (p - l).$$

Supposons en second lieu que l'erreur d'inclinaison n'existe pas, et que l'axe soit seulement dévié dans le sens azimutal : le fil parcourra alors un grand *cercle de déviation*, qui coupera le méridien au zénith, en y faisant avec lui un angle a, et qui s'en écartera le plus à l'horizon. Soit E_1 la position de l'étoile sur ce cercle, E'_1 la place qu'elle occuperait dans le méridien. On tirera du triangle $ZE_1E'_1$ la relation :

$$\sin E_1E'_1 = \sin ZE_1 \sin a,$$

ou bien comme ci-dessus :

$$E_1E_1' = a \sin (p - l).$$

Enfin, l'erreur due à la collimation est une constante c. Les arcs EE', $E_1E'_1$, c seront réduits en temps sidéral, en les divisant par $15 \sin p$, et l'équation fondamentale sera par conséquent :

$$H = AR + \alpha + i\frac{\cos (p-l)}{15 \sin p} + a\frac{\sin (p-l)}{15 \sin p} + \frac{c}{15 \sin p}\ [1].$$

Si l'étoile que l'on considère passait entre le zénith et le pôle, elle arriverait alors au cercle de déviation *avant* d'atteindre le méridien vrai; il faudrait donc changer le signe de a dans la formule précédente, mais en même temps y remplacer l'arc $(p-l)$ par $(l-p)$; quant au signe de i il reste le même, puisque le cercle d'inclinaison tombe tout entier d'un même côté du méridien, dans la partie du ciel qui nous est visible. Or ces changements se feront d'eux-mêmes, si l'on conserve la formule générale telle qu'elle est, en ayant égard au signe négatif que prend ici l'arc $(p-l)$.

Enfin, si l'étoile observée était à son passage inférieur, elle arriverait aux cercles d'inclinaison et de collimation *avant* son passage

[1] Cette formule a été donnée par divers auteurs. On la retrouve autrement démontrée dans un mémoire de M. Cerquero, imprimé dans le Xe volume de la *Correspondance mathématique* de M. Quetelet, et dans un travail de M. Littrow, inséré dans le tome Ier des *Memoirs of the astron. soc. of London*.

au méridien, et au cercle de déviation *après* ce même passage; de plus, sa distance zénithale serait ici $(p + l)$; on aurait donc l'équation :

$$H = AR + \alpha - i\frac{\cos(p+l)}{15 \sin p} + a\frac{\sin(p+l)}{15 \sin p} - \frac{c}{15 \sin p},$$

et l'on voit qu'elle pouvait encore se déduire de la formule générale, en considérant la distance polaire comme négative dans les passages inférieurs.

III.

Supposons donc que l'on ait noté l'heure que marquait une pendule sidérale, à l'instant du passage de trois étoiles fondamentales; soient p, p°, p' les distances polaires des trois astres; AR, AR°, AR′ leurs ascensions droites apparentes; H, H°, H′ les heures respectives de la pendule lors des trois observations : nous aurons les relations suivantes:

$$H = AR + \alpha + i\frac{\cos(p-l)}{15 \sin p} + a\frac{\sin(p-l)}{15 \sin p} + \frac{c}{15 \sin p},$$

$$H^{\circ} = AR^{\circ} + \alpha + i\frac{\cos(p^{\circ}-l)}{15 \sin p^{\circ}} + a\frac{\sin(p^{\circ}-l)}{15 \sin p^{\circ}} + \frac{c}{15 \sin p^{\circ}},$$

$$H' = AR' + \alpha + i\frac{\cos(p'-l)}{15 \sin p'} + a\frac{\sin(p'-l)}{15 \sin p'} + \frac{c}{15 \sin p'},$$

que nous pourrons mettre sous la forme

(1) . . . . $15(H - AR) = T = 15\alpha + i\dfrac{\cos(p-l)}{\sin p} + a\dfrac{\sin(p-l)}{\sin p} + \dfrac{c}{\sin p},$

(2) . . . . $15(H^{\circ} - AR^{\circ}) = T^{\circ} = 15\alpha + i\dfrac{\cos(p^{\circ}-l)}{\sin p^{\circ}} + a\dfrac{\sin(p^{\circ}-l)}{\sin p^{\circ}} + \dfrac{c}{\sin p^{\circ}},$

(3) . . . . $15(H' - AR') = T' = 15\alpha + i\dfrac{\cos(p'-l)}{\sin p'} + a\dfrac{\sin(p'-l)}{\sin p'} + \dfrac{c}{\sin p'}.$

Le système de ces trois équations entre quatre inconnues peut d'abord se ramener facilement à celui de deux équations entre trois in-

connues, par l'élimination directe de 15α. Soustrayant de l'équation (1) chacune des deux suivantes, on arrive à deux relations de la forme :

(1-2) . . . . $D^\circ = A^\circ i + B^\circ a + K^\circ c$,
(1-3) . . . . $D' = A' i + B' a + K' c$,

dans lesquelles

$$A^\circ = \frac{\cos(p-l)}{\sin p} - \frac{\cos(p^\circ - l)}{\sin p^\circ} = \frac{\cos l \sin(p^\circ - p)}{\sin p \sin p^\circ}; \quad A' = \frac{\cos(p-l)}{\sin p} - \frac{\cos(p'-l)}{\sin p'} = \frac{\cos l \sin(p'-p)}{\sin p \sin p'};$$

$$B^\circ = \frac{\sin(p-l)}{\sin p} - \frac{\sin(p^\circ - l)}{\sin p^\circ} = \frac{\sin l \sin(p - p^\circ)}{\sin p \sin p^\circ}; \quad B' = \frac{\sin(p-l)}{\sin p} - \frac{\sin(p'-l)}{\sin p'} = \frac{\sin l \sin(p - p')}{\sin p \sin p'};$$

$$K^\circ = \frac{1}{\sin p} - \frac{1}{\sin p^\circ} = \frac{\sin p^\circ - \sin p}{\sin p \sin p^\circ}; \quad K' = \frac{1}{\sin p} - \frac{1}{\sin p'} = \frac{\sin p' - \sin p}{\sin p \sin p'};$$

$$D^\circ = T - T^\circ; \quad D' = T - T'.$$

En considérant la forme des coefficients trigonométriques de i et de a, on peut conclure deux choses : la première, c'est que si l'on veut éliminer l'une de ces deux inconnues, l'autre disparaît d'elle-même, ce qui permet de déterminer la valeur de c, quoique l'on ait disposé seulement d'un nombre d'équations inférieur à celui des inconnues. La seconde conséquence à tirer de ce fait, c'est qu'il est impossible, même en se donnant un nombre d'équations supérieur à celui des inconnues, d'obtenir séparément les valeurs de i et de a, tant que l'on ne connaît pas l'avance absolue α de la pendule.

Pour démontrer la première proposition, multiplions l'équation (1-2) par A', et l'équation (1-3) par A° ; il vient

$$D^\circ A' = A^\circ A' i + B^\circ A' a + K^\circ A' c,$$
$$A^\circ D' = A^\circ A' i + A^\circ B' a + A^\circ K' c :$$

Soustrayons

$$D^\circ A' - A^\circ D' = (B^\circ A' - A^\circ B')a + (K^\circ A' - A^\circ K')c.$$

Or, en jetant les yeux sur les valeurs trigonométriques de A°, A', B°, B', on voit que

$$B^\circ A' = \frac{\sin l \cos l \sin(p - p^\circ) \sin(p' - p)}{\sin^2 p \sin p^\circ \sin p'},$$

$$A^\circ B' = \frac{\sin l \cos l \sin(p^\circ - p) \sin(p - p')}{\sin^2 p \sin p^\circ \sin p'};$$

ainsi, le coefficient de a se réduit à zéro, ce qui donne :

$$(4) \quad \ldots\ldots\ldots \quad c = \frac{D^\circ A' - A^\circ D'}{K^\circ A' - A^\circ K'}.$$

Il serait aisé de s'assurer que cette propriété de déterminer la collimation, *indépendamment des autres erreurs de l'instrument*, au moyen des observations de trois étoiles, subsiste, quelles que soient les positions relatives de ces astres, au Nord ou au Sud du zénith, à leur passage supérieur ou inférieur.

La disparition simultanée des coefficients de i et de a suffit pour montrer l'impossibilité de déterminer à la fois les valeurs de ces deux inconnues ; mais on parvient au même résultat par l'analyse suivante, qui est plus directe, et qui a l'avantage de fournir une relation très-simple entre l'erreur de la pendule et chacune des deux inconnues en question.

Après avoir remplacé dans les équations (1) et (2) la collimation par sa valeur numérique, c'', déduite de la formule (4), éliminons i entre ces deux nouvelles relations, en multipliant la première par $\frac{\cos(p^\circ - l)}{\sin p^\circ}$ et la seconde par $\frac{\cos(p - l)}{\sin p}$; nous obtenons :

$$\left(T - \frac{c''}{\sin p}\right)\left(\frac{\cos(p^\circ - l)}{\sin p^\circ}\right) = M\frac{\cos(p^\circ - l)}{\sin p^\circ} = 15\alpha\frac{\cos(p^\circ - l)}{\sin p^\circ} + i\,\frac{\cos(p-l)\cos(p^\circ - l)}{\sin p \sin p^\circ} + a\,\frac{\sin(p-l)\cos(p^\circ - l)}{\sin p \sin p^\circ}$$

$$\left(T^\circ - \frac{c''}{\sin p^\circ}\right)\left(\frac{\cos(p - l)}{\sin p}\right) = M^\circ\frac{\cos(p - l)}{\sin p} = 15\alpha\frac{\cos(p - l)}{\sin p} + i\,\frac{\cos(p^\circ-l)\cos(p - l)}{\sin p \sin p^\circ} + a\,\frac{\sin(p^\circ-l)\cos(p - l)}{\sin p \sin p^\circ}$$

$$M \sin p \cos(p^\circ - l) - M^\circ \sin p^\circ \cos(p - l) = 15\alpha \cos l \sin(p - p^\circ) + a \sin(p - p^\circ),$$

d'où enfin

$$(\gamma). \quad \ldots\ldots \quad a + 15\alpha \cos l = \frac{M \sin p \cos(p^\circ - l) - M^\circ \sin p^\circ \cos(p - l)}{\sin(p - p^\circ)}.$$

Le premier membre étant indépendant de la déclinaison des étoiles observées, il s'ensuit qu'autant d'équations que l'on voudra, combinées entre elles, mèneront toujours à un résultat final dans lequel α et a

auront les mêmes coefficients affectés des mêmes signes, ce qui empêchera de déterminer les valeurs particulières de l'une ou l'autre inconnue. Il est visible, et l'on pourrait d'ailleurs s'en assurer facilement, que l'indétermination subsistera toujours, quelles que soient les étoiles que l'on choisisse pour se procurer les trois équations de condition.

Si l'on voulait tenter d'éliminer a pour dégager la valeur de i, on serait arrêté par la même impossibilité, mais l'on arriverait à une relation entre α et i, aussi simple et aussi symétrique que la précédente : on trouverait ainsi :

$$(\delta) \quad . \quad . \quad . \quad i + 15\alpha \sin l = \frac{\mathrm{M} \sin p \sin (p^\circ - l) - \mathrm{M}^\circ \sin p^\circ \sin (p - l)}{\sin (p^\circ - p)}.$$

Nous aurons occasion de revenir sur les deux équations (γ) et (δ) dans la suite de ce travail.

Pour nous rendre compte géométriquement du motif de l'indétermination que nous venons de signaler, regardons la collimation comme connue, puisque nous venons de voir comment on peut en obtenir la valeur, et mettons l'équation fondamentale sous la forme :

$$15(\mathrm{H}-\mathrm{AR}) \sin p = 15\alpha \sin p + i \cos (p-l) + a \sin (p-l) + c''.$$

Le premier membre représente un petit arc du parallèle de l'étoile, compris entre le méridien du lieu et la position de l'astre, à l'instant de son passage par le fil vertical de l'instrument. En se donnant deux autres équations analogues, on aurait trois arcs différents, *aboutissant tous au méridien du lieu ;* et si l'on savait résoudre le système des trois équations, en conservant *les arcs eux-mêmes*, on pourrait estimer séparément quelle portion de l'écart total hors du méridien il faut attribuer aux trois inconnues α, i, et a en particulier : par suite on obtiendrait la valeur de chacune d'elles. Mais il n'en est pas ainsi ; car en éliminant α entre les trois équations, de manière à obtenir deux

relations entre a et i, on remplace les trois distances au méridien, dont nous venons de parler, par les différences de deux d'entre elles à une troisième. Or, dans cette opération, le méridien disparaît complétement; les différences de distances qui nous restent ne nous apprennent plus rien par rapport à la position de ce plan, car elles peuvent être interceptées entre des cercles horaires quelconques. L'inclinaison dont les deux équations restantes renferment l'expression analytique se rapporte donc à l'horizon indéterminé du lieu qui a pour méridien un quelconque des cercles horaires dont nous venons de parler, et le cercle de déviation passe par le zénith de cet horizon arbitraire. Dans l'état actuel, le problème est donc impossible, mais il deviendra tout à fait déterminé, si l'on connaît l'avance de la pendule, ce qui fixe le méridien du lieu d'observation; ou l'inclinaison de l'axe, qui fait connaître son horizon; ou enfin la déviation azimutale, qui détermine son zénith.

On voit déjà qu'un horizon artificiel doit pouvoir aussi résoudre le problème, car il donne la verticale du lieu: nous y reviendrons plus loin. Quant à la collimation, elle échappe à l'indétermination que nous venons de mentionner, parce qu'elle est indépendante de la position du lieu sur la terre.

IV.

Nous supposerons donc, dans ce qui va suivre, que le niveau nous ait fait connaître, en secondes de degrés, l'inclinaison de l'axe de la lunette; nous substituerons cette valeur à la place de i dans l'une des relations que l'on obtient en éliminant par soustraction 15α entre les trois équations fondamentales, et nous aurons ainsi:

(2-3). . . . . $D'' = A''i + B''a + K''c,$

d'où

$$B''a = D'' - A''i - K''c,$$

remplaçant dans cette formule i et c par leurs valeurs connues, et les coefficients A$''$, B$''$, K$''$ par leurs expressions trigonométriques :

$$a \sin l \,\frac{\sin\,(p^\circ - p')}{\sin\,p^\circ \sin p'} = \mathrm{D}'' + i \cos l\,\frac{\sin\,(p^\circ - p')}{\sin\,p^\circ \sin p'} + c\,\frac{\sin p^\circ - \sin p'}{\sin\,p^\circ\,\sin\,p'},$$

$$a \sin l = i \cos l + \mathrm{D}''\,\frac{\sin\,p^\circ \sin p'}{\sin\,(p^\circ - p')} + c\,\frac{\cos\frac{1}{2}\,(p^\circ + p')}{\cos\frac{1}{2}\,(p^\circ - p')};$$

ou enfin

$$(5)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ \ a \sin l = i \cos l + \mathrm{N},$$

en faisant

$$\mathrm{N} = \mathrm{D}''\,\frac{\sin\,p^\circ \sin p'}{\sin\,(p^\circ - p')} + c\,\frac{\cos\frac{1}{2}\,(p^\circ + p')}{\cos\frac{1}{2}\,(p^\circ - p')}.$$

Pour que la valeur de a soit déterminée avec toute l'exactitude désirable, il faut que le terme D$''$, qui renferme les erreurs inévitables commises sur l'instant de chaque observation, soit multiplié par un facteur très-petit : c'est ce qu'on obtiendra en choisissant deux étoiles dont les distances polaires p°, p' soient peu considérables et de signes contraires ; c'est-à-dire deux circompolaires, l'une à son passage supérieur, l'autre à son passage inférieur. Par là, le numérateur du coefficient de D$''$ s'approchera du *minimum*, et son dénominateur du *maximum*.

La quantité a étant ainsi obtenue, on pourra, comme vérification, la faire servir à calculer une nouvelle valeur de i, au moyen de deux autres étoiles circompolaires, prises toujours l'une au-dessus, l'autre au-dessous du pôle : l'équation à résoudre sera dans ce cas :

$$(6)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ \ i \cos l = a \sin l - \mathrm{N}'.$$

Dans la formation des valeurs de N et de N$'$, on se rappellera que

$$\mathrm{D}'' = \mathrm{T}^\circ - \mathrm{T}' = 15[(\mathrm{H}^\circ + \mathrm{AR}') - (\mathrm{H}' + \mathrm{AR}^\circ)].$$

V.

Nous avons encore à trouver l'expression algébrique de la collimation, que nous avons laissée sous la forme générale

$$c = \frac{A'D^\circ - A^\circ D'}{A'K^\circ - A^\circ K'};$$

remplaçant A°, A', K°, K' par leurs valeurs trigonométriques :

$$c = \frac{D^\circ \frac{\cos l \sin (p'-p)}{\sin p \sin p'} - D' \frac{\cos l \sin (p^\circ-p)}{\sin p \sin p^\circ}}{\frac{\sin p^\circ - \sin p}{\sin p^\circ \sin p} \times \frac{\cos l \sin (p'-p)}{\sin p \sin p'} - \frac{\sin p' - \sin p}{\sin p' \sin p} \times \frac{\cos l \sin (p^\circ-p)}{\sin p \sin p^\circ}},$$

simplifiant

$$c = \frac{D^\circ \sin p \sin p^\circ \sin (p'-p) - D' \sin p \sin p' \sin (p^\circ-p)}{(\sin p^\circ - \sin p) \sin (p'-p) - (\sin p' - \sin p) \sin (p^\circ-p)};$$

transformant le dénominateur de manière à le rendre logarithmique, on peut le réduire à l'expression

$$4 \sin p \sin \tfrac{1}{2}(p^\circ-p) \sin \tfrac{1}{2}(p'-p) \sin \tfrac{1}{2}(p'-p^\circ),$$

ce qui donne

$$c = \frac{D^\circ \sin p^\circ \sin (p-p') - D' \sin p' \sin (p-p^\circ)}{4 \sin \frac{1}{2}(p-p^\circ) \sin \frac{1}{2}(p-p') \sin \frac{1}{2}(p^\circ-p')},$$

ou enfin

$$(7) \quad . \quad . \quad c = D^\circ \frac{\sin p^\circ \cos \frac{1}{2}(p-p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p-p^\circ) \sin \frac{1}{2}(p^\circ-p')} + D' \frac{\sin p' \cos \frac{1}{2}(p-p^\circ)}{2 \sin \frac{1}{2}(p-p') \sin \frac{1}{2}(p'-p^\circ)}.$$

D°, D' sont affectés des erreurs d'observation : pour que l'incertitude qui règne sur les valeurs de ces quantités ait le moins d'influence possible sur l'exactitude du résultat, il faut que chacune d'elles soit mul-

tipliée par un coefficient numériquement très-petit. On ramènera simultanément à cet état les deux fractions

$$\frac{\sin p^\circ \cos \frac{1}{2}(p-p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p-p^\circ) \sin \frac{1}{2}(p^\circ-p')} \quad \text{et} \quad \frac{\sin p' \cos \frac{1}{2}(p-p^\circ)}{2 \sin \frac{1}{2}(p-p') \sin \frac{1}{2}(p'-p^\circ)},$$

en prenant pour p° et p' des arcs très-petits et de signes opposés, et pour p un arc voisin de la plus grande distance polaire à laquelle la latitude du lieu d'observation permette d'atteindre : autrement dit, les étoiles qu'il convient d'employer à la recherche de la collimation, sont deux circompolaires, l'une à son passage supérieur, l'autre à son passage inférieur, et une troisième étoile peu éloignée de l'horizon sud. De plus, si p° est plus grand que p', il sera bon de faire en sorte que par compensation, $2 \sin \frac{1}{2}(p-p')$ soit plus petit que $2 \sin \frac{1}{2}(p-p^\circ)$, ce qui revient à prendre de préférence à son passage inférieur celle des deux circompolaires qui est la plus éloignée du pôle. De cette manière, on ramènera à la fois les deux numérateurs à être très-petits, et les deux dénominateurs à être aussi grands que possible.

Ces conditions s'accordent, comme on le voit, avec celles qui donnent la détermination la plus avantageuse de la déviation azimutale.

VI.

Connaissant ainsi les valeurs de i, a et c, on les substituera dans l'équation fondamentale relative à celle des trois étoiles qui est proche de l'horizon, ou mieux encore à une quatrième étoile voisine de l'équateur, et l'on en déduira l'avance absolue de la pendule. Pour faciliter cette opération, j'ai dressé la table (I), qui se trouve à la fin de ce mémoire, et où sont calculés, pour 28 étoiles fondamentales, les logarithmes des facteurs

$$\frac{1}{15 \sin p}, \quad \frac{\cos(p-l)}{15 \sin p} \quad \text{et} \quad \frac{\sin(p-l)}{15 \sin p}.$$

La latitude introduite dans le calcul est celle de l'observatoire de

Bruxelles, 50° 51′ 11″; j'ai adopté pour distance polaire de chaque étoile la valeur moyenne de cet élément pendant l'année 1846. Pour les étoiles équatoriales, la variation annuelle en déclinaison est très-peu sensible, et la table pourra servir sans aucune modification, et avec toute la rigueur désirable, pendant un assez grand nombre d'années. Quoiqu'une erreur, même assez considérable, sur la valeur de ces coefficients soit de très-peu d'importance, vu la petitesse des quantités i, a et c qu'ils multiplient, il sera utile cependant de calculer de nouveau ces logarithmes tous les trois ou quatre ans, du moins pour les étoiles circompolaires.

VII.

La formule que j'ai donnée pour évaluer la collimation :

$$c = \mathrm{D}^{\circ} \frac{\sin p^{\circ} \cos \frac{1}{2}(p-p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p-p^{\circ}) \sin \frac{1}{2}(p^{\circ}-p')} + \mathrm{D}' \frac{\sin p' \cos \frac{1}{2}(p-p^{\circ})}{2 \sin \frac{1}{2}(p-p') \sin \frac{1}{2}(p'-p^{\circ})},$$

est assez longue à calculer : elle exige d'abord que l'on forme les valeurs numériques des expressions $\frac{1}{2}(p-p')$, $\frac{1}{2}(p-p^{\circ})$, $\frac{1}{2}(p^{\circ}-p')$; puis que l'on ouvre douze fois les tables; enfin, que l'on fasse deux additions de six logarithmes chacune.

Le premier moyen qui se présente à l'esprit pour la simplifier, est de choisir convenablement différents groupes de trois étoiles fondamentales dont les distances polaires soient, je suppose, p, p°, p', et de réduire en tables les coefficients trigonométriques de D° et de D', coefficients que je représenterai par A° et A'. Mais les quantités p, p°, p' variant inégalement et indépendamment les unes des autres dans l'intervalle d'une année, il faudrait commencer par calculer leurs valeurs à des époques assez rapprochées, puis former les expressions numériques de A° et de A' pour ces différentes époques, se réservant d'interpoler dans l'intervalle. Cette marche appliquée à une quinzaine de groupes, pour l'espace de deux ou trois ans, conduirait

à des tables incommodes et donnerait lieu à des calculs presque impraticables.

J'ai donc eu recours à une autre méthode, qui me semble à la fois simple et générale, et dont l'esprit consiste « à calculer A° et A' une fois pour toutes, en y supposant à p, p°, p' des valeurs moyennes entre la plus grande et la plus petite qu'atteignent ces quantités pendant le temps que les tables doivent servir ; et à évaluer séparément la correction à faire subir aux expressions numériques fondamentales A° et A', lorsque p, p°, p' s'y changent en $(p + dp)$, $(p^{\circ} + dp^{\circ})$, $(p' + dp')$. » dp, dp°, dp' représentent ici la différence entre la distance polaire réelle de chacune des trois étoiles, à l'instant de l'observation, et la distance polaire moyenne que l'on a prise pour point de départ.

Tel est, dans sa généralité, le moyen que j'ai adopté pour réduire le calcul de la collimation à quelques opérations très-courtes. Mais une première remarque à faire, lorsque l'on arrive aux détails, c'est que pour les étoiles voisines de l'équateur, la variation annuelle en déclinaison est très-peu considérable, ses plus grands écarts de la valeur moyenne étant de 10 à 12 secondes environ : d'ailleurs, pour cette classe d'étoiles, une erreur assez sensible sur la distance polaire a une influence presque nulle sur la valeur qu'on en déduit pour la collimation. On peut vérifier cette dernière assertion, en regardant α, i et a comme nuls dans l'équation fondamentale

$$T = 15\alpha + i\,\frac{\cos(p-l)}{\sin p} + a\,\frac{\sin(p-l)}{\sin p} + \frac{c}{\sin p},$$

et en la différentiant par rapport aux variables c et p ; elle devient alors

$$dc = c \cot g\, p\, dp :$$

cette relation prouve que, si l'on introduit dans le calcul de la collimation une distance polaire un peu fautive, l'inconvénient sera d'autant moindre que l'étoile sera plus près de l'équateur. Or, nous avons vu que l'étoile dont la distance polaire est p doit avoir une faible décli-

naison : les deux circonstances que nous venons d'indiquer, se réunissent donc pour nous permettre de considérer cette déclinaison comme *constante* pendant quelques années, sans qu'il en résulte d'erreur appréciable sur la collimation calculée.

Il n'en est pas de même des circompolaires : pour elles, au contraire, il faudra soigneusement avoir égard aux moindres changements de déclinaison, comme le fait voir la relation déjà invoquée

$$dc = c \cot p \, dp;$$

d'ailleurs, pour cette classe d'étoiles, la variation annuelle en déclinaison est très-considérable ; pour la polaire, par exemple, elle s'élève à $50''$ et au delà.

Ces prémisses posées, reprenons la formule (7) et occupons-nous seulement du premier terme du second membre, car l'autre se déduit de celui-ci, en y changeant p° en p' et réciproquement. Voyons donc ce qu'il devient lorsque l'on y remplace les distances polaires p°, p' par $(p^{\circ} + dp^{\circ})$, $(p' + dp')$. Or, à cause de la petitesse des arcs dp°, dp' on peut les regarder comme se confondant avec leurs sinus, négliger leurs puissances supérieures à la première, et égaler leurs cosinus à l'unité. La question revient donc à différentier la fonction,

$$\mathrm{A}^{\circ} = \frac{\sin p^{\circ} \cos \frac{1}{2}(p - p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p - p^{\circ}) \sin \frac{1}{2}(p^{\circ} - p')},$$

en y regardant p° et p' comme variables. On obtient ainsi, toute réduction faite :

$$d\mathrm{A}^{\circ} = \frac{dp^{\circ} \cos \frac{1}{2}(p - p')[\sin \frac{1}{2}(p + p^{\circ}) \sin \frac{1}{2}(p^{\circ} - p') - \sin \frac{1}{2}(p - p^{\circ}) \sin \frac{1}{2}(p^{\circ} + p')] + dp' \cos \frac{1}{2}(p - p^{\circ})[\sin \frac{1}{2}(p - p^{\circ}) \sin p^{\circ}]}{4 \sin^2 \frac{1}{2}(p - p^{\circ}) \sin^2 \frac{1}{2}(p^{\circ} - p')}.$$

Cette formule très-symétrique peut se transformer en cette autre, un peu plus commode pour le calcul,

$$d\mathrm{A}^{\circ} = \frac{dp^{\circ} \cos^2 \frac{1}{2}(p - p') \left(\dfrac{\cos \frac{1}{2}(p + p')}{\cos \frac{1}{2}(p - p')} - \cos p^{\circ}\right) + dp' \sin p^{\circ} \sin \frac{1}{2}(p - p^{\circ}) \cos \frac{1}{2}(p - p^{\circ})}{4 \sin^2 \frac{1}{2}(p - p^{\circ}) \sin^2 \frac{1}{2}(p^{\circ} - p')}.$$

On trouverait de même

$$dA' = \frac{dp' \cos^2 \frac{1}{2}(p-p^{\circ}) \left(\frac{\cos \frac{1}{2}(p+p^{\circ})}{\cos \frac{1}{2}(p-p^{\circ})} - \cos p' \right) + dp^{\circ} \sin p' \sin \frac{1}{2}(p-p') \cos \frac{1}{2}(p-p')}{4 \sin^2 \frac{1}{2}(p-p') \sin^2 \frac{1}{2}(p'-p^{\circ})}$$

calculant les facteurs trigonométriques, on pourra poser

$$dA^{\circ} = P^{\circ}dp^{\circ} + P'dp'$$
$$dA' = Q^{\circ}dp^{\circ} + Q'dp',$$

et la collimation sera donnée par la formule

$$c = D^{\circ} \left[A^{\circ} + P^{\circ}dp^{\circ} + P'dp' \right] + D' \left[A' + Q^{\circ}dp^{\circ} + Q'dp' \right],$$

dans laquelle A°, A', P°, P', Q°, Q' sont des quantités constantes que j'ai données toutes calculées dans la table (II); les logarithmes des arcs différentiels dp se trouvent dans la table (III), depuis $0''$ jusqu'à $3'$; D°, D' se déduisent, comme on le sait, de l'heure du passage des étoiles comparée à leur ascension droite donnée dans les tables.

La table (II) renferme les six constantes de la collimation, calculées pour 28 groupes de trois étoiles fondamentales : chacun des 14 premiers groupes se compose d'une étoile à faible déclinaison, de la polaire (passage supérieur ou inférieur) et de δ de la petite Ourse (passage inférieur ou supérieur). Les 14 derniers sont formés au moyen des mêmes étoiles à faible déclinaison, mais les circompolaires sont ici λ de la petite Ourse et 51 (Hev) de Céphée. Les étoiles voisines de l'équateur ont été choisies, sous le rapport de leurs ascensions droites, de manière à ce que, dans toutes les saisons, on pût toujours en observer quelques-unes pendant les heures de la nuit; j'ai indiqué, auprès de chaque étoile, la distance polaire que je lui ai supposée dans le calcul des constantes qui s'y rapportent : c'est du reste la distance polaire moyenne de 1846. J'ai rejeté l'emploi de quelques étoiles très-convenables par leur position, mais qui m'ont inspiré de la défiance, parce qu'il existe des discordances notables entre leurs

ascensions droites indiquées dans le *Nautical Almanac*, le *Berliner Jahrbuch* et la *Connaissance des temps*.

VIII.

Nous sommes donc maintenant en état de rectifier la position d'une lunette méridienne, et de régler la marche de la pendule; nous savons aussi quelles sont les étoiles que nous devons choisir de préférence pour atteindre chacun des deux buts. Mais il peut être intéressant de savoir s'il n'existe pas dans le ciel de point désavantageux, autour duquel les observations destinées à faire connaître les valeurs de chacune de nos inconnues en particulier présentent peu de certitude.

Reprenons à cet effet l'équation fondamentale

$$\mathrm{T} = 15\alpha + i\,\frac{\cos(p - l)}{\sin p} + a\,\frac{\sin(p - l)}{\sin p} + \frac{c}{\sin p},$$

et supposons que tout y soit constant, sauf le *temps* T et la *collimation c;* différentions-la par rapport à ces deux variables, il vient :

$$dc = d\mathrm{T}\,\sin p.$$

L'erreur inévitable, $d\mathrm{T}$, commise sur l'instant de l'observation sera donc d'autant plus préjudiciable à la détermination exacte de la collimation, que l'étoile observée sera plus voisine de l'équateur; remarquons toutefois qu'on aurait tort de conclure de la relation précédente, que dc est proportionnel au sinus de la distance polaire de l'astre observé; cela ne serait vrai qu'autant que $d\mathrm{T}$ pût être regardé comme constant pour toutes les déclinaisons; mais l'expérience prouve que l'incertitude qui règne sur l'instant du passage d'une étoile est elle-même d'autant plus grande que la distance polaire est moindre : $d\mathrm{T}$ est donc fonction de p. Malheureusement cette

fonction n'est pas de nature à être rigoureusement exprimée dans le langage algébrique; elle doit même varier, non-seulement avec les différents observateurs, mais encore avec le grossissement de la lunette, avec le diamètre apparent qu'elle conserve à l'étoile, avec l'état plus ou moins calme de l'air, etc.

Voulons-nous maintenant connaître l'influence qu'une erreur sur le temps de l'observation aura sur la détermination de la déviation azimutale, afin de savoir quelles sont les étoiles qu'il faut éviter d'employer à la recherche de cet élément? Différentions l'équation fondamentale par rapport aux variables a et T : il vient

$$da = dT \frac{\sin p}{\sin (p - l)},$$

ou, en développant

$$da = dT \frac{\operatorname{cosec} l}{\operatorname{cotg} l - \operatorname{cotg} p}$$

pour les passages supérieurs,

$$da = dT \frac{\operatorname{cosec} l}{\operatorname{cotg} l + \operatorname{cotg} p}$$

pour les passages inférieurs.

Le *minimum* d'erreur sera donné dans les deux cas par cotg $p = \infty$, c'est-à-dire par $p = 0°$ ou $180°$: l'observation la plus avantageuse se fera donc près des pôles de l'équateur.

Le *maximum*, pour les passages supérieurs, s'obtiendra en faisant $p = l$, ce qui indique le zénith ; et, pour les passages inférieurs, en faisant $p = 180° - l$, ce qui correspond au nadir. Les observations qui présentent ici le moins de garanties d'exactitude se rapportent donc aux étoiles voisines des pôles de l'horizon.

On peut conclure de là, comme nous l'avons déjà fait pour la collimation, que, des deux circompolaires que l'on emploie pour obtenir la valeur de la déviation azimutale, celle qui est la plus *éloignée* du pôle doit être prise de préférence à son passage *inférieur*, et la plus *voisine* du

pôle, à son passage *supérieur*. En effet, si l'on opère autrement, on a le double désavantage de s'approcher du zénith en s'éloignant du pôle; tandis qu'en suivant la marche que j'indique, si l'on est forcé de s'écarter du pôle, du moins on se rapproche de l'horizon, et l'on rachète ainsi un inconvénient par un avantage. Dans l'exemple que je traite plus loin, je ne me suis point conformé à cette règle, d'abord parce que le recueil où j'ai puisé mes données ne renferme pas un très-grand nombre de circompolaires prises à leur passage inférieur; et que la principale condition que je cherchais à remplir, était de trouver un groupe de trois étoiles qui eussent été observées, à peu de jours d'intervalle, par des astronomes différents. D'ailleurs, voulant éprouver, par un exemple numérique, le degré d'exactitude auquel mes formules permettent généralement d'atteindre, je n'ai pas cru devoir choisir un cas où se trouvaient réunies toutes les circonstances les plus favorables.

Enfin, dans le cas où l'on voudrait calculer l'inclinaison de l'axe en supposant connue sa déviation, on peut désirer savoir quelles sont les étoiles les moins propres à donner avec précision la valeur de cette inclinaison : on le trouvera en différentiant par rapport à i et à T l'équation fondamentale, qui donne

$$di = d\mathrm{T}\,\frac{\sin p}{\cos(p-l)},$$

ou bien

$$di = d\mathrm{T}\,\frac{\sec l}{\operatorname{tang} l + \operatorname{cotg} p}$$

pour les passages supérieurs,

$$di = d\mathrm{T}\,\frac{\sec l}{\operatorname{tang} l - \operatorname{cotg} p}$$

pour les passages inférieurs.

Ici encore, l'erreur sera la moindre possible pour $p = 0°$ ou $180°$; elle sera la plus grande pour $p = 90° + l$, autrement dit à l'horizon sud, dans les passages supérieurs, et pour $p = 90° - l$, c'est-à-dire à l'horizon nord dans les passages inférieurs.

IX.

Il ne me reste plus, pour terminer cette première partie, qu'à soumettre à l'épreuve d'une application numérique la théorie générale que j'ai développée jusqu'ici. Pour me dégager plus sûrement de toute idée préconçue, je me suis servi d'observations étrangères : celles que je rapporte sont tirées de l'excellent recueil rédigé sous la direction de M. Airy, et intitulé : « *Astronomical observations made at the royal observatory, Greenwich, in the year* 1842.

10 *mai* 1842.

β Corvi.	$H = 12^h\ 25^m\ 39^s,33$	$AR = 12^h\ 26^m\ 8^s,86$	$p = 112^\circ\ 31'\ 39''$	Observations de M. Henry.
γ Ursæ majoris.	$H^\circ = 11\ \ 45\ \ 3,88$	$AR^\circ = 11\ \ 45\ \ 33,11$	$p^\circ = 35\ \ 25\ \ 39$	
Polaris (p. i).	$H' = 13\ \ 1\ \ 29,93$	$AR' = 13\ \ 2\ \ 6,52$	$p' = 1\ \ 31\ \ 59\ (-)$	

Pour rendre les observations aussi précises que possible, nous corrigerons le passage de la polaire de l'aberration diurne, en lui ajoutant $0^s,49$: ainsi $H' = 13^h\ 1^m\ 30^s,42$.

Calcul de la collimation.

$$c = D^\circ \frac{\sin p^\circ \cos \frac{1}{2}(p-p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p-p^\circ) \sin \frac{1}{2}(p^\circ - p')} + D' \frac{\sin p' \cos \frac{1}{2}(p-p^\circ)}{2 \sin \frac{1}{2}(p-p') \sin \frac{1}{2}(p'-p^\circ)};$$

$$D^\circ = 15\left[(H + AR^\circ) - (H^\circ + AR)\right] = -\ \ 1'',50;$$

$$D' = 15\left[(H + AR') - (H' + AR)\right] = +\ 101'',40;$$

$$\tfrac{1}{2}(p-p') = 57^\circ\ 1'\ 49''; \quad \tfrac{1}{2}(p-p^\circ) = 38^\circ\ 33'\ 0''; \quad \tfrac{1}{2}(p^\circ - p') = 18^\circ\ 28'\ 49''.$$

$\log D^\circ$	$= 0,17609\ (-)$	$\log D'$	$= 2,00604$
$\log \sin p^\circ$	$= 9,76317$	$\log \sin p'$	$= 8,42738\ (-)$
$\log \cos \frac{1}{2}(p-p')$	$= 9,73516$	$\log \cos \frac{1}{2}(p-p^\circ)$	$= 9,89324$
compl $\log 2$	$= 9,69897$	compl $\log 2$	$= 9,69897$
C. $\log \sin \frac{1}{2}(p-p^\circ)$	$= 0,20537$	C. $\log \sin \frac{1}{2}(p-p')$	$= 0,07626$
C. $\log \sin \frac{1}{2}(p^\circ - p')$	$= 0,49897$	C. $\log \sin \frac{1}{2}(p'-p^\circ)$	$= 0,49897\ (-)$
	$0,07773\ (-)$		$0,60086\ (+)$
Nombre. . . .	$1'',20\ (-)$	Nombre. . . .	$3'',99\ (+)$

$$c = +\ 2'',79.$$

Trois jours après, le 13 mai, M. Ellis a observé les mêmes étoiles, et c'est cette circonstance qui m'a engagé à les choisir pour exemple de calcul, quoique γ *Ursae majoris* soit une circompolaire peu avantageuse, comme étant trop éloignée du pôle, et passant très-près du zénith de Greenwich. Les observations de M. Ellis sont les suivantes :

β Corvi	H =	12^h	25^m	$37^s,25$		
γ Ursæ majoris.	H° =	11	45	1,58		
Polaris	H' =	13	1	28,36	=	$13^h\ 1^m\ 28'',85$

avec la correction d'aberration diurne.

On trouve ici :

$$D^\circ = -\ 2'',40\,;\quad D' = +\ 116'',40\,;$$

et l'on en conclut comme précédemment...

$$c = +\ 2'',67.$$

Cette seconde valeur n'est inférieure à la première que de $0'',12$; ainsi, à trois jours de distance, les observations de deux astronomes différents donnent une collimation qui est la même à un dixième de seconde d'arc. Ce résultat prouve à la fois l'exactitude de la méthode de calcul que je propose, et la précision des observateurs anglais. L'opération du retournement de la lunette avait donné le 6 avril $1'',51$ dans le même sens. Cet accord peut être regardé comme très-remarquable.

Calcul de la déviation azimutale.

$$a \sin l = i \cos l + N\,:$$

$$N = D\,\frac{\sin p^\circ \sin p'}{\sin (p^\circ - p')} + c\,\frac{\cos \frac{1}{2}(p^\circ + p')}{\cos \frac{1}{2}(p^\circ - p')}.$$

Nous admettons, pour pouvoir comparer nos résultats à ceux de

Greenwich, que la collimation et l'inclinaison soient respectivement, à la date de 10 mai,

$$\left.\begin{array}{l} c = +\ 1'',51 \\ i = -\ 2'',81 \end{array}\right\}\ \text{telles qu'on les trouve dans le recueil.}$$

Cela posé, les observations des deux circompolaires, faites par M. Henry, donnent

$$D = 15\left[(H^{\circ} + AR') - (H' + AR^{\circ})\right] = 103'',05.$$

log D	= 2,01305				
log sin p°	= 9,76317	log c	= 0,17898		
log sin p'	= 8,42738 (−)	log cos $\frac{1}{2}(p^{\circ}+p')$	= 9,98071	log i	= 0,44871 (−)
C. log sin $(p^{\circ}-p')$	= 0,22094	C. log cos $\frac{1}{2}(p^{\circ}-p')$	= 0,02299	log cos l	= 9,89340
	0,42454		0,18268		0,34211
Nombre . . .	2,658 (−)	Nombre. . .	1'',523	Nombre. . =	2'',198 (−)

$$N = (-)\ 1'',135$$

ainsi

$$a \sin l = (-)\ 3'',333$$

d'où l'on tire

$$a = -\ 5'',35.$$

Les calculateurs de Greenwich ont trouvé, par la combinaison de deux passages successifs de la polaire

$$a = -\ 6'',15$$

Différence. . . . . . 0'',8.

Cette seconde valeur doit être préférée à la mienne, à cause du peu d'avantage que présente, comme je l'ai déjà dit, la position presque zénithale de *γ Ursae majoris*, surtout pour la déviation azimutale. Cependant un désaccord de huit dixièmes de seconde d'arc est bien peu de chose, et il est douteux qu'aucune mesure directe puisse donner un résultat plus satisfaisant.

En calculant de même les observations faites par M. Ellis le 13 mai, et en faisant, comme dans le recueil

$c = + 1'',51$

$i = - 2'',88$

on trouve . . . . $D = 118'',80$, et l'on en déduit

$a = - 6'',08$. A Greenwich, cet élément est porté, pour ce jour, à . . . . $- 6'',47$

Différence . . . . . . $0'',39$.

Il serait difficile, je crois, d'obtenir une concordance plus grande.

SECONDE PARTIE.

MÉTHODES PARTICULIÈRES.

Collimation.

J'ai donné, dans la première partie de ce mémoire, une méthode générale pour déterminer la collimation d'une lunette méridiennne, par les seules observations astronomiques, et indépendamment des autres corrections de l'instrument. Quoique je la croie très-avantageuse dans la grande généralité des cas, je ne la regarde cependant pas comme exclusive, et je pense que dans certaines circonstances particulières, surtout lorsque l'instrument à vérifier sera de petite dimension, on pourra employer avec succès la méthode directe du retournement. Quelquefois l'on fera bien de combiner les deux méthodes, ce qui permettra peut-être de découvrir, dans la construction de la lunette, certaines défectuosités qui seraient restées cachées sans ce double moyen de vérification.

Lorsque l'on a recours au retournement pour évaluer la collimation, on se sert ordinairement d'une mire méridienne, placée à grande distance; mais ce moyen ne peut guère être employé que dans les obser-

vatoires fixes, où même il n'est pas toujours praticable à cause des constructions voisines qui masquent quelquefois l'horizon : d'ailleurs, des effets latéraux de réfraction terrestre peuvent souvent induire en erreur.

Ces inconvénients n'existent pas dans le collimateur horizontal : c'est une espèce de petite lunette à large ouverture et à court foyer, montée comme celle des passages, et placée sur le prolongement de celle-ci, de manière à ce que les deux objectifs se regardent. Au foyer du collimateur se trouvent deux fils formant entre eux un angle très-aigu ; le champ est éclairé fortement par un réflecteur placé obliquement près de l'oculaire du collimateur. A l'aide de ce système, tout se passe comme si les fils étaient situés à une distance infinie, et ils peuvent être très-bien distingués à l'aide de la lunette méridienne, quoique celle-ci ne soit distante que de quelques pas. Au moyen du fil micrométrique de cette dernière, on partage également l'angle des deux fils croisés, dans deux positions renversées de la lunette, et l'on obtient ainsi le double de la collimation.

A défaut de mire ou de collimateur, on peut encore avoir recours aux circompolaires, cette classe d'étoiles si utile pour l'établissement des instruments méridiens. Observons par exemple la polaire, aux trois premiers fils A, B, C de l'instrument, et après la troisième opération, effectuons le retournement. La quatrième et la cinquième observation se feront de nouveau aux fils B et A, et tout se passera comme si l'étoile arrivée au fil C, revenait sur ses pas pour traverser une seconde fois les fils B et A. Si donc la collimation est nulle, l'intervalle entre les observations (A,C), (B,C) sera le même que celui qui sépare les observations (C,A), (C,B) ; sinon, en représentant par t, t', t^o, t'^o ces quatre intervalles respectifs, on aura pour l'expression de la collimation en arc :

$$c = \frac{(t - t_0)\, 15 \sin p}{2},$$

$$c = \frac{(t' - t'_0)\, 15 \sin p}{2}.$$

Comme cette méthode n'exige pas que les circompolaires observées soient parfaitement connues de position, on sera uniquement guidé, dans le choix des étoiles à employer, par la force de la lunette dont on dispose : plus le grossissement sera considérable, plus l'étoile pourra être voisine du pôle sans cesser pour cela d'avoir un mouvement apparent sensible, et plus l'opération comportera d'exactitude. Sir James South a donné dans le Ier volume, 2e partie, des Mémoires de la société astronomique, un petit catalogue de 15 circompolaires qui sont très-propres à cet usage.

Il est inutile de faire remarquer que toutes ces méthodes supposent que l'inclinaison et la déviation de l'axe sont identiquement les mêmes avant et après le retournement; il y a plus, la dernière implique tacitement que l'inclinaison et la déviation sont nulles, ou du moins négligeables; car si cela n'avait pas lieu, le fil moyen du réticule se trouverait à une distance sensible du méridien, et l'obliquité de la route de l'étoile, avant son passage à ce fil, ne serait pas la même qu'après ce passage : la collimation pourrait donc être nulle, quoique les temps correspondants t et t', t^0 et t'^0 fussent inégaux entre eux. Néanmoins, comme il est toujours facile d'amener les deux premières corrections à être très-peu considérables, on n'en doit pas moins regarder ce dernier procédé comme l'un des plus exacts et des plus commodes que l'on ait suivis. Il a en sa faveur l'autorité de M. Littrow (mémoire déjà cité); de sir James South (*Observations on the collimation adjustment of a transit instrument*, etc. *Mem. of the astr. soc.*, tome I), et de MM. Schumacher et Hansen (*Astronomische Abhandlungen, herausgegeben* von H. C. Schumacher, tome Ier).

Collimation par les doubles passages de la polaire combinés avec le passage d'une étoile à faible déclinaison.

Dans les observatoires spéciaux, où la lunette méridienne est généralement un instrument à grandes dimensions, construit avec soin et fermement établi sur des fondations solides; où la pendule astrono-

mique a une marche uniforme et connue; où enfin l'on observe la polaire chaque fois que le ciel le permet, comme le recommandait Bradley, il sera souvent très-commode de déterminer la collimation par les doubles passages de la polaire, combinés avec l'observation d'une étoile à faible déclinaison. Dans ce cas, on peut regarder les erreurs de la lunette comme constantes pendant l'espace d'un jour, ou du moins pendant douze heures, et alors la formule de la collimation se simplifie considérablement.

En effet, supposons que l'étoile dont la distance polaire a été représentée par p^o dans la formule générale soit la polaire à son passage inférieur, p' correspondant au passage supérieur de cet astre : si l'on admet l'hypothèse parfaitement légitime que sa déclinaison n'a pas varié, pendant l'intervalle des deux passages, de manière à produire une différence appréciable sur la valeur des coefficients trigonométriques qui sont fonction de cette déclinaison, on pourra remplacer p^o par $-p'$ dans les deux termes qui forment l'expression de c, et la formule (7) deviendra :

$$c = D^o \frac{\cos \frac{1}{2}(p - p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p + p')} + D' \frac{\cos \frac{1}{2}(p + p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p - p')}.$$

Pour réduire en tables les coefficients de D^o et de D', on les calculera pour une valeur de p qu'il est permis, comme nous l'avons vu, de regarder comme constante pendant plusieurs années, et pour une valeur moyenne de p'. Les corrections qu'il faudra leur faire subir lorsque p' aura sensiblement varié, s'obtiendront en différentiant par rapport à cette variable les deux facteurs :

$$\frac{\cos \frac{1}{2}(p - p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p + p')} \text{ et } \frac{\cos \frac{1}{2}(p + p')}{2 \sin \frac{1}{2}(p - p')};$$

ces différentielles sont

$$-dp' \frac{\cos p}{4 \sin^2 \frac{1}{2}(p + p')} \text{ et } dp' \frac{\cos p}{4 \sin^2 \frac{1}{2}(p - p')}.$$

Ces quantités réduites en nombre, seront les corrections dont il faut frapper les coefficients de D° et de D′, calculés une fois pour toutes, pour les rapporter à la déclinaison véritable de la polaire à l'instant de l'observation.

Ainsi l'on obtiendra la collimation par la formule :

$$c = D^\circ (A^\circ - P^\circ dp') + D' (A' + P' dp').$$

La table (IV) donne les valeurs de A°, A′, P°, P′, calculées pour la polaire et pour 14 étoiles fondamentales situées à de grandes distances du pôle nord. Les déclinaisons sur lesquelles est basée la construction de cette table, sont les déclinaisons moyennes de 1846.

On sait que D°, D′ sont donnés par la comparaison de l'ascension droite des étoiles, avec l'heure que marquait la pendule au moment de l'observation; D° se rapportant au passage inférieur de la polaire, D′ à son passage supérieur.

Remarquons pour terminer que les expressions différentielles

$$-dp' \frac{\cos p}{4 \sin.^2 \frac{1}{2} (p + p')}, \quad dp' \frac{\cos p}{4 \sin^2 \frac{1}{2} (p - p')}$$

que nous venons de trouver directement, auraient pu se déduire de l'expression différentielle générale que nous avons posée plus haut :

$$dA^\circ = \frac{dp^\circ \cos \frac{1}{2} (p - p') [\sin \frac{1}{2} (p + p^\circ) \sin \frac{1}{2} (p^\circ - p') - \sin \frac{1}{2} (p - p^\circ) \sin \frac{1}{2} (p^\circ + p')] + dp' \sin p^\circ \sin \frac{1}{2} (p - p') \cos \frac{1}{2} (p - p^\circ)}{4 \sin^2 \frac{1}{2} (p - p^\circ) \sin^2 \frac{1}{2} (p^\circ - p')};$$

car, en y faisant

$$p^\circ = -p', \quad dp^\circ = -dp',$$

celle-ci devient :

$$dA^\circ = dp' \frac{\cos \frac{1}{2} (p - p') \sin \frac{1}{2} (p - p') - \cos \frac{1}{2} (p + p') \sin \frac{1}{2} (p + p')}{4 \sin^2 \frac{1}{2} (p + p') \sin p'};$$

$$dA^\circ = -dp' \left(\frac{\frac{1}{2} \sin (p + p') - \frac{1}{2} \sin (p - p')}{4 \sin^2 \frac{1}{2} (p + p') \sin p'} \right);$$

ou enfin

$$dA^\circ = -dp' \frac{\cos p}{4 \sin^2 \frac{1}{2} (p + p')}.$$

On retrouverait par une marche analogue la valeur de dA', mais la méthode directe est beaucoup plus expéditive.

Inclinaison de l'axe.

Nous avons constamment supposé, dans la première partie de ce mémoire, que l'inclinaison de l'axe de la lunette avait été déterminée à l'aide du niveau à bulle d'air : ce procédé n'est pas toujours praticable, certaines classes d'instruments méridiens, tels que le cercle mural, ne se prêtant pas à son emploi; il exige de plus que l'on ait à sa disposition un niveau très-bon, très-sensible, et dont la valeur angulaire des divisions soit parfaitement connue; enfin, la chaleur produit sur la marche de la bulle des anomalies dont il n'est pas toujours possible de prévenir les effets.

En général, il faut éviter autant qu'on le peut de vérifier un instrument à l'aide d'un autre instrument : ce dernier ne pouvant qu'approcher plus ou moins de la perfection, l'inexactitude dont il est affecté se réfléchit sur le premier, où souvent elle est amplifiée considérablement. L'art de l'observateur consiste alors à procéder par des méthodes qui compensent en grande partie les défauts inhérents à la construction de l'instrument comparateur, mais il est bien rare qu'on parvienne à les annuler tout à fait. C'est ainsi que l'on peut, par le retournement, corriger l'inégalité des deux branches du niveau à bulle d'air, mais l'erreur ne sera complétement éliminée que si, dans les deux opérations, les branches se trouvent dans des circonstances identiques de température et de position; c'est ainsi encore que l'on est parvenu à rendre cet instrument d'une sensibilité extrême, mais alors la difficulté revient à connaître la valeur exacte d'une de ses divisions, et quelque soin que l'on apporte à la détermination de cet élément, il est toujours sujet à quelque incertitude. Dans l'introduction du recueil des observations faites à Greenwich, en 1842, on

voit le détail de cette opération délicate, et les valeurs extrêmes qui ont été trouvées pour une division du niveau sont 1″,153 et 1″,358 : cette quantité n'est donc certaine qu'au sixième de sa grandeur, et une inclinaison de l'axe de 6″ laisse une indécision de 1″.

Le collimateur vertical, dont le capitaine Kater a donné la description dans les Transactions philosophiques, 1828, me semble un des appareils les plus propres à faire connaître si l'axe de rotation est incliné ou non, mais il se prête moins bien à faire connaître la valeur angulaire de cette inclinaison.

Un des procédés les plus simples pour évaluer la quantité dont nous nous occupons, est d'observer la polaire directement, et par réflexion sur un horizon artificiel. Si l'inclinaison est assez sensible, on conçoit que l'on puisse avoir le temps d'observer cet astre des deux manières au même fil du réticule : le temps écoulé entre les deux passages, réduit en arc, donne le double de l'élément cherché. Cette méthode est très-commode, mais elle n'est applicable que lorsque l'inclinaison s'élève à plusieurs secondes; elle est employée avec succès pour le cercle mural, qui, par sa nature, ne doit se trouver qu'à peu près dans le plan du méridien. Je proposerai plus loin une modification à ce procédé, qui le rend applicable à la lunette méridienne, et lui donne toute la précision que l'on est en droit de désirer pour cet instrument.

Détermination de l'inclinaison de l'axe au moyen de deux observations directes et d'une observation par réflexion.

J'ai fait remarquer, à la fin du § III de la première partie, qu'une observation sur un horizon artificiel devait faire disparaître l'indétermination qui empêchait de résoudre complétement, par des moyens purement astronomiques, le problème général qui fait l'objet de ce mémoire. C'est ici le lieu de développer cet aperçu.

Reprenons les deux équations (γ) et (δ) de ce paragraphe :

$$(\gamma) \ldots\ldots \quad a + 15\alpha \cos l = \frac{\text{M} \sin p \cos (p^\circ - l) - \text{M}^\circ \sin p^\circ \cos (p - l)}{\sin (p - p^\circ)}$$

$$(\delta) \ldots\ldots \quad i + 15\alpha \sin l = \frac{\text{M} \sin p \sin (p^\circ - l) - \text{M}^\circ \sin p^\circ \sin (p - l)}{\sin (p^\circ - p)}$$

et éliminons α entre elles : il vient

$$a \sin l - i \cos l = \frac{\text{M} \sin p\,[\sin l \cos (p^\circ - l) + \cos l \sin (p^\circ - l)] - \text{M}^\circ \sin p^\circ\,[\sin l \cos (p - l) + \cos l \sin (p - l)]}{\sin (p - p^\circ)}$$

ou, en faisant les réductions :

$$a \sin l - i \cos l = (\text{M} - \text{M}^\circ)\,\frac{\sin p \sin p^\circ}{\sin (p - p^\circ)}\,.$$

Or il est clair que si j'avais combiné deux autres équations quelconques, le premier membre n'aurait pas changé ; et j'aurais seulement obtenu une nouvelle expression de la *différence* ($a \sin l - i \cos l$). Mais cette manière de poser la difficulté nous met elle-même sur la voie qui doit nous conduire à sa solution : en effet, on est naturellement conduit à se demander s'il n'y aurait pas un moyen de changer en *somme* cette deuxième différence. Or, si l'on vise au-dessous de l'horizon, l'inclinaison change de signe, tandis que la déviation reste la même ; nous allons donc, en conservant nos deux premières équations fondamentales, introduire dans une troisième la condition que nous visons au-dessous de l'horizon : ceci revient à changer le signe de i, ou bien, ce qui s'accorde mieux avec la marche de l'analyse trigonométrique que nous avons suivie jusqu'ici, à remplacer $(p - l)$ par $180^\circ - (p - l)$. Nos trois équations fondamentales seront donc, dans ce cas :

$$\text{T} = 15\alpha + i\,\frac{\cos (p - l)}{\sin p} + a\,\frac{\sin (p - l)}{\sin p} + \frac{c}{\sin p}$$

$$\text{T}^\circ = 15\alpha + i\,\frac{\cos (p^\circ - l)}{\sin p^\circ} + a\,\frac{\sin (p^\circ - l)}{\sin p^\circ} + \frac{c}{\sin p^\circ}$$

$$\text{T}'' = 15\alpha - i\,\frac{\cos (p'' - l)}{\sin p''} + a\,\frac{\sin (p'' - l)}{\sin p''} + \frac{c}{\sin p''}\,.$$

La valeur de c ayant été déterminée par la méthode connue, nous la transporterons dans ces trois équations; représentant par M, M°, M″ les trois quantités, $T - \frac{c}{\sin p}$, $T^{\circ} - \frac{c}{\sin p^{\circ}}$, $T'' - \frac{c}{\sin p''}$, et éliminant 15α entre la dernière et chacune des deux autres, nous aurons :

$$M^{\circ} - M'' = i\left(\frac{\cos(p^{\circ}-l)}{\sin p^{\circ}} + \frac{\cos(p''-l)}{\sin p''}\right) + a\left(\frac{\sin(p^{\circ}-l)}{\sin p^{\circ}} - \frac{\sin(p''-l)}{\sin p''}\right);$$

$$M - M'' = i\left(\frac{\cos(p-l)}{\sin p} + \frac{\cos(p''-l)}{\sin p''}\right) + a\left(\frac{\sin(p-l)}{\sin p} - \frac{\sin(p''-l)}{\sin p''}\right).$$

Éliminant a et faisant les simplifications, on obtient :

$$(8) \quad \ldots\ldots \quad i = \frac{(M^{\circ} - M'')\sin p^{\circ}\sin(p-p'') - (M - M'')\sin p\sin(p^{\circ}-p'')}{2\sin(p-p^{\circ})\cos(p''-l)}$$

Ainsi, après avoir trouvé la collimation, on pourra obtenir l'inclinaison de l'axe en combinant deux des observations directes qui ont servi à déterminer le premier élément, avec une troisième observation, faite par réflexion sur un horizon artificiel.

Pour que l'inclinaison soit obtenue avec toute l'exactitude désirable, il faut que les coefficients de $(M^{\circ} - M'')$ et de $(M - M'')$ soient ramenés simultanément à leur *minimum* : or, cette condition exige : 1° que p'' soit peu différent de l, ou que l'étoile observée par réflexion s'éloigne peu du zénith; 2° que p et p° soient de signes contraires, et peu considérables : les étoiles observées directement, que l'on emploiera à la recherche de i, seront donc les deux circompolaires qui ont servi déjà à trouver la collimation.

Inclinaison par l'observation, alternativement directe et réfléchie, du passage des circompolaires aux différents fils de la lunette.

Le moyen précédent m'a conduit à un autre, qui n'est qu'une modification du procédé employé ordinairement pour le cercle mural,

mais qui permet d'estimer isolément la valeur de l'inclinaison de l'axe, avec une exactitude supérieure à tout ce que peuvent donner les instruments employés jusqu'ici. Cette méthode me paraît mériter d'être traitée avec quelque détail.

Admettons que la lunette dont on se sert, soit munie d'un réticule de cinq fils verticaux, comme celle de l'observatoire de Bruxelles : observons une circompolaire, à son passage *supérieur*, je suppose, directement au premier fil, par réflexion au second, et ainsi alternativement jusqu'au cinquième, où l'observation sera directe. L'erreur due à la collimation ne dépend que de la déclinaison de l'étoile; elle ne change donc pas de l'observation directe à l'observation réfléchie : celle qui provient de la déviation azimutale reste aussi constante, puisque l'on a successivement pointé à des distances égales du zénith et du nadir; le temps qui sépare deux observations consécutives ne sera donc altéré que par l'inclinaison de l'axe, et l'erreur apparente sera fonction du double de cette inclinaison.

Soient donc i l'angle d'inclinaison de l'axe (nous le supposons soulevé à l'Ouest);

E	l'espacement moyen de deux fils du réticule, exprimé en arc;		
A	le temps écoulé	entre l'observation	directe au 1[er] fil, et réfléchie au 2[e];
B	»	»	réfléchie au 2[e] fil, et directe au 3[e];
A'	»	»	directe au 3[e] fil, et réfléchie au 4[e];
B'	»	»	réfléchie au 4[e] fil, et directe au 5[e].

Quoique l'espacement des fils soit assez bien connu pour pouvoir ramener au fil milieu une observation incomplète, il s'en faut de beaucoup cependant que l'on puisse en répondre à une seconde d'arc : or il nous faut une précision supérieure à cette limite, soit donc

α	la différence angulaire	qui existe entre	la distance du	1[er] au 2[e] fil,	et la valeur	moyenne E;
β	»	»	»	2[e] au 3[e]	»	»
α'	»	»	»	3[e] au 4[e]	»	»
β'	»	»	»	4[e] au 5[e]	»	»

Cela posé, en remplaçant pour un instant par la lettre ι l'expression

$i\,\frac{\cos(p-l)}{15 \sin p}$, nous pourrons former les équations

$$\left.\begin{aligned} A &= \frac{E}{15 \sin p} + \frac{\alpha}{15 \sin p} + 2\iota \\ B &= \frac{E}{15 \sin p} + \frac{\beta}{15 \sin p} - 2\iota \\ A' &= \frac{E}{15 \sin p} + \frac{\alpha'}{15 \sin p} + 2\iota \\ B' &= \frac{E}{15 \sin p} + \frac{\beta'}{15 \sin p} - 2\iota \end{aligned}\right\} \text{ d'où l'on tire } \begin{aligned} A - B &= 4\iota + \frac{\alpha - \beta}{15 \sin p} \\ A' - B &= 4\iota + \frac{\alpha' - \beta}{15 \sin p} \\ A' - B' &= 4\iota + \frac{\alpha' - \beta'}{15 \sin p} \end{aligned}$$

ajoutant membre à membre ces trois dernières relations, et résolvant par rapport à ι.

$$(9) \; . \; . \; . \; . \; . \quad 12\iota = (A + 2A') - (B' + 2B) - \frac{(\alpha + 2\alpha')}{15 \sin p} + \frac{(\beta' + 2\beta)}{15 \sin p}.$$

Pour éliminer toutes les quantités relatives à l'inégal espacement des fils, prenons une seconde circompolaire à son passage supérieur, et observons-la cette fois par réflexion au premier fil, directement au second, et ainsi de suite. Nous aurons alors, en remplaçant par ι' la quantité $i\,\frac{\cos(p'-l)}{15 \sin p'}$

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= \frac{E}{15 \sin p'} + \frac{\alpha}{15 \sin p'} - 2\iota' \\ B_0 &= \frac{E}{15 \sin p'} + \frac{\beta}{15 \sin p'} + 2\iota' \\ A_0' &= \frac{E}{15 \sin p'} + \frac{\alpha'}{15 \sin p'} - 2\iota' \\ B_0' &= \frac{E}{15 \sin p'} + \frac{\beta'}{15 \sin p'} + 2\iota' \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} B_0 - A_0 &= 4\iota' + \frac{\beta - \alpha}{15 \sin p'} \\ B_0 - A_0' &= 4\iota' + \frac{\beta - \alpha'}{15 \sin p'} \\ B_0' - A_0' &= 4\iota' + \frac{\beta' - \alpha'}{15 \sin p'}. \end{aligned}$$

De ces trois dernières on tire :

$$(10) \; . \; . \; . \; . \quad 12\iota' = (B_0' + 2B_0) - (A_0 + 2A_0') - \frac{\beta' + 2\beta}{15 \sin p'} + \frac{\alpha + 2\alpha'}{15 \sin p'}.$$

Remplaçant ι et ι' par leurs valeurs, et chassant les dénominateurs, on obtient :

$$(9).\ .\ .\ 12\,i\cos(p-l) = 15\sin p\,[(A+2A') - (B'+2B)] - (\alpha+2\alpha') + (\beta'+2\beta)$$

$$(10).\ .\ .\ 12\,i\cos(p'-l) = 15\sin p'\,[(B_0'+2B_0) - (A_0+2A_0')] + (\alpha+2\alpha') - (\beta'+2\beta).$$

Ajoutant ces deux équations, on fait évanouir tous les termes dépendants de l'inégalité d'espacement des fils, et l'on a

$$12\,i\,[\cos(p-l)+\cos(p'-l)] = 15\sin p\,[(A+2A')-(B'+2B)] + 15\sin p'\,[(B_0'+2B_0)-(A_0+2A_0')];$$

ou enfin

$$(11).\ .\ .\ 24\,i = \frac{15\sin p\,[(A+2A')-(B'+2B)] + 15\sin p'\,[(B_0'+2B_0)-(A_0+2A'_0)]}{\cos\frac{1}{2}(p-p')\cos\frac{1}{2}(p+p'-2l)}.$$

La valeur de i sera d'autant plus exacte que les termes renfermant les erreurs commises sur les instants des passages seront multipliés par des coefficients plus petits. Les deux étoiles observées doivent donc être très-voisines du pôle, pour que le numérateur soit réduit au *minimum;* de plus, elles doivent s'écarter peu l'une de l'autre, et du zénith du lieu, pour que le dénominateur soit un *maximum ;* on voit donc que les passages supérieurs sont préférables aux passages inférieurs. On pourrait néanmoins appliquer la méthode que nous venons d'indiquer à deux passages inférieurs, ou à un passage supérieur combiné avec un passage inférieur. La seule remarque à laquelle il faille faire attention dans la pratique, c'est que chaque fil doit servir successivement à une observation directe et à une observation réfléchie. Quant à l'application de la formule, il suffit de regarder comme négatifs les arcs qui se rapportent à un passage au-dessous du pôle.

Si l'on croit pouvoir répondre que l'inclinaison reste constante pendant 12 heures, on simplifiera la formule en prenant la même étoile à ses deux passages successifs : on obtient alors la relation

$$(12).\ .\ .\ \frac{24\,i\,\mathrm{cotg}\,p\cos l}{15} = (A+2A') + (A_0+2A'_0) - (B+2B') - (B_0+2B'_0).$$

Si nous calculons le premier membre pour la polaire et pour la latitude de Bruxelles, il devient à peu près $48i$.

Les erreurs accidentelles que l'on a pu commettre sur chacune des dix observations se seront probablement compensées en partie, et celles qui proviennent de l'équation personnelle, ou de la marche de la pendule, se détruisent totalement, puisque l'on ne procède que par les *différences* entre les instants des passages. Le second membre de notre formule sera donc en général plus exact que ne le serait l'observation du passage de la polaire à un fil unique. Admettons cependant qu'il soit en erreur de 5 secondes de temps, et il donnera encore la véritable valeur de l'inclinaison au 10e de seconde en arc.

Il est évident que la méthode que nous proposons sera susceptible d'une précision d'autant plus grande que le nombre des fils du réticule sera plus considérable. Si nous avions pris pour exemple un réticule à onze fils verticaux, comme il en existe à certaines lunettes méridiennes, nous aurions obtenu 140 fois la valeur de l'inclinaison au lieu de 48 fois seulement. Une erreur de 14 secondes en temps, nous donnerait encore ici l'exactitude du 10e de seconde en arc.

Déviation azimutale par les passages de deux étoiles.

Lorsque l'on a déterminé la collimation d'une lunette et l'inclinaison de son axe, soit par la méthode générale, soit par un des procédés particuliers que nous venons d'indiquer, il est facile d'obtenir la déviation azimutale par l'observation de deux étoiles.

Soient en effet p°, p' les distances polaires des deux astres, H°, H' les instants de leurs passages au fil de la lunette, corrigés de la collimation et de l'inclinaison; AR°, AR' leurs ascensions droites; α l'avance absolue de la pendule; nous aurons les deux relations :

$$H^{\circ} = AR^{\circ} + \alpha + a\,\frac{\sin(p^{\circ} - l)}{15 \sin p^{\circ}}$$

$$H' = AR' + \alpha + a\,\frac{\sin(p' - l)}{15 \sin p'}.$$

Éliminant α entre ces deux équations, on obtient

$$15\,[(H^{\circ} + AR') - (H' + AR^{\circ})] = D'' = \frac{a \sin l \sin (p^{\circ} - p')}{\sin p^{\circ} \sin p'},$$

d'où l'on tire

$$(13). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad a \sin l = D'' \frac{\sin p^{\circ} \sin p'}{\sin (p^{\circ} - p')} = \frac{D''}{\cot g\, p' - \cot g\, p^{\circ}}.$$

Telle est l'expression très-simple qui fait connaître la déviation azimutale : c'est en effet ce que l'on aurait tiré directement de notre équation (5) § IV, en y supposant $c = o$ et $i = o$.

Cette formule montre clairement que, si l'on veut que les erreurs d'observation dont la quantité D'' est entachée aient très-peu d'influence sur l'exactitude de a, il faut que le coefficient $\frac{1}{\cot g\, p' - \cot g\, p^{\circ}}$ soit le moindre possible, c'est-à-dire, que p° et p' soient petits et de signes contraires. On choisira en conséquence, ainsi que nous l'avons déjà dit, deux circompolaires, l'une à son passage supérieur, l'autre à son passage inférieur.

C'est donc à tort qu'Andrea Conti donne pour précepte d'employer à la détermination de la déviation azimutale deux étoiles différant beaucoup en déclinaison [1], et qu'il choisit à cet effet des groupes d'étoiles situées à environ 45° l'une au-dessous, l'autre au-dessus de l'équateur. Cette dernière disposition surtout est la plus désavantageuse que l'on puisse adopter : car en supposant deux étoiles dont les déclinaisons soient + 45° et — 45°, la formule précédente devient

$$a \sin l = \frac{D''}{2};$$

tandis que pour la polaire et une étoile équatoriale, elle serait

$$a \sin l \doteq \frac{D''}{37},$$

[1] « *Per ottenere con precisione il valore di* z (*della deviazione dello stromento*), *è necessario scegliere due fisse le quali abbiano una differenza notabile di declinazione.* » (Opuscoli astronomici. Roma, 1822, pag. 139.

et pour deux passages consécutifs de la polaire,

$$a \sin l = \frac{D''}{75}.$$

Il est juste cependant d'observer que l'avantage de notre côté ne sera pas tout à fait aussi grand que semble l'indiquer au premier abord le rapport $\frac{75}{2}$: cela ne serait vrai qu'autant que l'instant du passage de la polaire pût être noté avec la même précision que celui des étoiles du parallèle de 45° ; mais admettons que l'observation de ces dernières puisse se faire avec une exactitude cinq fois, dix fois même plus grande que celle dont est susceptible l'observation de la polaire, et cette dernière l'emportera encore sur les autres, dans le rapport de 15 à 2, ou au moins de 7,5 à 2. En outre, une condition de la plus haute importance, c'est que l'ascension droite des étoiles employées soit parfaitement connue : on ne peut donc faire servir à la recherche des corrections de la lunette que des étoiles données par les Éphémérides comme fondamentales ; et sous ce point de vue, la polaire et δ de la petite Ourse sont extrêmement précieuses.

La méprise où est tombé l'auteur que je viens de citer provient, suivant moi, d'une idée qui paraît d'abord fort naturelle : le cercle de déviation coupant le méridien au zénith, et s'en écartant le plus à l'horizon, il semble que la manière la plus sûre de mesurer cet écart est d'observer une étoile passant près du point où il est nul, et une autre, près de celui où il est le plus grand. Or, la latitude du Collége romain étant de 41° 53′ 52″, les étoiles dont la déclinaison est voisine de + 45° et — 45° satisfont très-bien à ces deux conditions.

Mais en y regardant de près, on reconnaît bien vite que ce raisonnement ne serait juste qu'autant que l'on chercherait à obtenir la déviation par une *mesure angulaire ;* et encore vaudrait-il mieux alors observer une étoile près de l'horizon Nord, et une autre près de l'horizon Sud. Or notre mesure réelle c'est le *temps*, et celle-là nous fournira des résultats d'autant plus sûrs que nous nous approcherons davantage du pôle.

Je viens de dire qu'au lieu de choisir l'une des deux étoiles près de l'horizon et l'autre près du zénith, il eût été préférable de les prendre aux deux points opposés de l'horizon. En effet, l'équation fondamentale, différentiée par rapport à la déviation et à la distance polaire, donnerait :

$$da = - a \operatorname{cotg} (p - l)\, d\, (p - l) \text{ pour les passages supérieurs,}$$

et

$$da = - a \operatorname{cotg} (p + l)\, d\, (p + l) \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{inférieurs.}$$

La première expression donne le *minimum* de l'erreur da pour $(p—l) = 90°$ ou pour l'horizon Sud; la seconde, pour $(p+l) = 90°$ ou pour l'horizon Nord. En effet, il était facile de voir à priori que l'angle a, dont le sommet est au zénith, serait obtenu le plus exactement possible, en mesurant l'arc de grand cercle tracé de ce sommet comme pôle; mais, je le répète, cet avantage n'est ici que très-secondaire, la mesure de l'angle en question n'étant pas l'espace, mais bien le temps.

Déviation azimutale au moyen de la polaire et de δ de la petite Ourse.

La formule

$$a \sin l = D'' \frac{\sin p^{\circ} \sin p'}{\sin (p^{\circ} - p')}$$

est très-facile à réduire en nombres. Supposons que p' soit la distance polaire moyenne de la polaire pendant l'année 1846; p° la quantité analogue pour δ de la petite Ourse; admettons de plus que la première étoile soit prise à son passage supérieur, et la seconde à son passage inférieur : la relation précédente deviendra

$$a \sin l = D'' \frac{\sin p^{\circ} \sin p'}{\sin (p^{\circ} + p')} = 0{,}018\ 2422\ D''.$$

Quand les deux étoiles auront des distances polaires sensiblement

différentes de celles que nous venons de leur prêter, et qui sont respectivement

$$p' = 1^\circ\ 30'27''$$
$$p^\circ = 3^\circ\ 24'\ 9''$$

il faudra remplacer p' et p° par $(p'+dp')$ et $(p^\circ+dp^\circ)$, et tout revient à chercher la différentielle de l'expression

$$\frac{\sin p^\circ \sin p'}{\sin (p^\circ + p')}$$

qui est

$$\frac{dp' \sin^2 p^\circ + dp^\circ \sin^2 p'}{\sin^2 (p^\circ + p')}.$$

La formule de la déviation sera donc alors

$$a \sin l = \mathrm{D}'' [\mathrm{A} + \mathrm{P}^\circ dp^\circ + \mathrm{P}' dp'],$$

dans laquelle

$$\mathrm{A} = 0{,}018\ 2422$$
$$\mathrm{P}^\circ = \frac{\sin^2 p'}{\sin^2 (p^\circ + p')}; \quad \log \mathrm{P}^\circ = 8{,}975\ 3148$$
$$\mathrm{P}' = \frac{\sin^2 p^\circ}{\sin^2 (p^\circ + p')}; \quad \log \mathrm{P}' = 9{,}681\ 9860.$$

Si la polaire était observée à son passage inférieur, et δ *Ursae minoris* à son passage supérieur, la formule deviendrait

$$a \sin l = - \mathrm{D}'' \frac{\sin p^\circ \sin p'}{\sin (p^\circ + p')},$$

et la valeur des coefficients numériques serait la même.

Pour la latitude de Bruxelles, $\lambda = 50^\circ\ 51'\ 11''$, ou pour la colatitude $l = 39^\circ\ 8'\ 49''$, on aurait la formule

$$a = \mathrm{D}'' \left(\frac{\mathrm{A}}{\sin l} + \frac{\mathrm{P}^\circ}{\sin l} dp^\circ + \frac{\mathrm{P}'}{\sin l} dp' \right)$$

dans laquelle

$$\frac{A}{\sin l} = 0{,}028\ 8958$$

$$\text{Log}\ \frac{P^{\circ}}{\sin l} = 9{,}175\ 0711$$

$$\text{Log}\ \frac{P'}{\sin l} = 9{,}881\ 7425.$$

Les logarithmes de dp° et dp' se tirent à vue de la table (III); il suffit de les ajouter aux logarithmes constants de $\frac{P^{\circ}}{\sin l}$ et de $\frac{P'}{\sin l}$, de chercher les deux nombres correspondants, et l'on obtient la quantité entre parenthèses : il ne s'agit plus que de multiplier celle-ci par le nombre connu D'' pour avoir la valeur de a.

Lorsque l'on aura ainsi calculé, en quelques traits de plume, la déviation pour la latitude λ de Bruxelles, rien ne sera plus simple que de l'obtenir pour une autre latitude λ' : en effet, en nommant a' cette nouvelle quantité, on aurait :

$$a' \sin l' = D'' \frac{\sin p^{\circ} \sin p'}{\sin (p^{\circ} + p')}$$

d'où

$$\frac{a}{a'} = \frac{\sin l'}{\sin l} \text{ ou } a' = a \frac{\sin l}{\sin l'}.$$

Ainsi pour trouver sous une latitude quelconque la déviation azimutale de la lunette méridienne, on commencera par la calculer, au moyen des constantes que je viens de donner, pour la latitude de Bruxelles, et l'on multipliera ensuite le résultat obtenu, par le facteur $\frac{\sin l}{\sin l'}$ ou $\frac{\cos \lambda}{\cos \lambda'}$.

La table (V) renferme les logarithmes de ce facteur, calculés de 10 en 10 minutes pour les latitudes comprises entre 35° et 63°.

Déviation azimutale par les doubles passages de la polaire.

Lorsque l'on croit pouvoir répondre de l'uniformité de la marche de la pendule pendant 12 ou 24 heures, il est très-commode de rem-

placer l'observation des deux circompolaires dont nous venons de parler, par celle des doubles passages de la polaire. L'équation (13) devient alors :

$$a = D'' \frac{\text{tang } p'}{2 \sin l} = D \frac{15 \text{ tang } p'}{2 \sin l}$$

On pourrait réduire en table cette formule, en adoptant la marche que j'ai suivie jusqu'à présent dans ce mémoire, c'est-à-dire, en calculant une fois pour toutes l'expression $\frac{15 \text{ tang } p'}{2 \sin l}$, et en évaluant la correction $\left(\frac{dp'}{2 \cos^2 p'}\right)$ qu'il faudrait lui faire subir, lorsque p' viendrait à varier un peu. Mais ce procédé, que je crois de beaucoup le plus commode, lorsque l'expression à convertir en table contient deux ou plusieurs variables, indépendantes l'une de l'autre, peut ici être remplacé avec avantage par le calcul direct. La table (VI) renferme les logarithmes du facteur

$$\frac{15 \text{ tang } p'}{2 \sin l}$$

calculés de seconde en seconde, pour des valeurs de p' comprises entre $1^\circ\ 28'\ 0''$ et $1^\circ\ 31'\ 0''$. La latitude adoptée est celle de l'observatoire de Bruxelles.

Enfin, on simplifiera encore cette méthode, lorsque l'on aura pu observer trois passages consécutifs de la polaire. Il suffira de retrancher douze heures de la différence entre les temps du premier et du second passage (corrigés préalablement de la collimation et de l'inclinaison); d'opérer de même à l'égard du second passage comparé au troisième, et la moyenne entre ces deux déterminations sera la valeur de D, que l'on peut, sans erreur appréciable, regarder comme indépendante de l'équation de la pendule et du changement de l'étoile en ascension droite. Cette marche est celle que l'on suit, autant que possible, pour le calcul de la déviation azimutale à l'observatoire de Greenwich.

PREMIER EXEMPLE.

Pour comparer entre eux les résultats auxquels on parvient par les différentes méthodes, je vais calculer la déviation de la lunette méridienne de l'observatoire de Bruxelles, en me servant d'abord de la méthode générale consignée dans la première partie de ce mémoire, puis du dernier procédé particulier que je viens d'indiquer.

Le 18 juin 1844, dans la matinée, j'ai pris l'inclinaison de l'axe de la lunette méridienne, en me servant des deux petits niveaux qui sont attachés à l'instrument. J'ai trouvé pour valeur de cette inclinaison

$i = 3'',375$ (—)..... L'axe était soulevé à l'Ouest.

Parmi les étoiles que j'avais observées la nuit précédente, je prends

Polaris (*p. i.*)...	$H' =$	13^h	2^m	$20^s,80$
α Virginis........	$H =$	13	16	9,04
ζ Ursæ minoris...	$H^\circ =$	15	48	57,42.

En ayant égard à l'aberration diurne, et au retard de la pendule qui était de $1'',43$ en 24 heures, les trois observations, ramenées à l'instant du passage de la polaire comme époque, seront

$H' =$	13^h	2^m	$21^s,30$
$H =$	13	16	9,05
$H^\circ =$	15	48	57,51.

Les ascensions droites et les déclinaisons, tirées du *Nautical almanac*, sont :

$AR' =$	13^h	3^m	$23'',01$	$p' =$	1°	$31'$	$25''$ (—)
$AR =$	13	17	1 ,96	$p =$	100	21	1
$AR^\circ =$	15	49	49 ,32	$p^\circ =$	11	43	39.

Pour trouver la collimation au moyen de ces données, il suffira de

suivre le type de calcul que nous avons fourni en employant les observations de Greenwich. On trouvera

$$D^\circ = -16'',50, \qquad D' = +132'',00;$$

d'où l'on déduira

$$c = +0'',906.$$

La collimation trouvée, nous pouvons maintenant déterminer la déviation azimutale en remplaçant i et c par leurs valeurs dans l'équation

$$a \sin l = i \cos l + D \frac{\sin p^\circ \sin p'}{\sin(p^\circ - p')} + c \frac{\cos \frac{1}{2}(p^\circ + p')}{\cos \frac{1}{2}(p^\circ - p')}.$$

L'on trouve ici

$$D = 142'',50;$$

d'où

$$a = -8'',029$$ (L'extrémité orientale de l'axe dévie vers le Nord).

Quelques jours avant les observations que je viens de rapporter, j'avais pris trois passages consécutifs de la polaire, savoir :

11 juin 1844.	Polaris (*p. s.*)	H_1	=	1^h	2^m	$44^s,50$
»	Polaris (*p. i.*)	H_2	=	13	2	23,00
12 »	Polaris (*p. s.*)	H_3	=	1	2	43,90.

La collimation étant de $+0'',906$ et l'inclinaison de $-3'',375$, il faut, pour corriger les instants de ces passages, en retrancher $\frac{0'',906}{15 \sin p}$ et y ajouter $\frac{3'',375 \times \cos(p-l)}{15 \sin p}$, ce qui revient à ajouter $4^s,15$ aux passages supérieurs, et à retrancher $4^s,43$ du passage inférieur. Au moyen de ces corrections, mes trois observations deviennent :

$$\left.\begin{aligned} H_1 &= 1^h\ 2^m\ 48^s,65 \\ H_2 &= 13\ \ 2\ \ 18,57 \\ H_3 &= 1\ \ 2\ \ 48,05 \end{aligned}\right. \quad \begin{aligned} &\text{Différence } 30^s,08 \\ &\qquad » \qquad 29^s,48 \end{aligned} \Big\} \text{ Moyenne } 29^s,78.$$

Ainsi, dans l'équation

$$a = \mathrm{D}\,\frac{15 \text{ tang } p'}{2 \sin l},$$

il faut remplacer D par $29^s,78$, et l'on trouve

$$a = 8'',587.$$

La durée qui s'écoule entre le passage supérieur et le passage inférieur étant plus grande que celle qui s'écoule entre le passage inférieur et le passage supérieur suivant, on en conclut que l'extrémité orientale de l'axe dévie vers le Nord; ce qui, d'après nos conventions, revient à regarder a comme négatif.

Comparant cette dernière valeur à celle qui vient d'être obtenue par la méthode générale, on voit qu'elles ne diffèrent entre elles que de

$$0'',358 \text{ en arc},$$

quantité presque inappréciable.

Observations de M. Quetelet. — 2e EXEMPLE.

12 juillet 1838.	α Scorpii.	$\mathrm{H} =$	16^h	18^m	$35^s,35$
	β Ursæ minoris . .	$\mathrm{H}^\circ =$	14	50	22,31
	Polaris (*p. i.*) . . .	$\mathrm{H}' =$	13	0	33,89

Les ascensions droites et déclinaisons données par les éphémérides, sont :

AR $=$	16^h	19^m	$31^s,94$	$p =$	116°	$4',00$	
AR° $=$	14	51	18,76	$p^\circ =$	15	10,85	
AR′ $=$	13	1	28,02	$p' =$	1	33,25	(—)

Le retard diurne de la pendule était de $3^s,83$; en rapportant les trois observations de M. Quetelet à l'heure que marquait la pendule

lors du passage de la polaire, et corrigeant de l'aberration diurne les trois résultats, on obtient :

$$\begin{aligned} H &= 16^h\ 18^m\ 33^s{,}87 \\ H^\circ &= 14\quad 50\quad 22{,}56 \\ H' &= 15\quad 0\quad 34{,}39. \end{aligned}$$

Collimation.

$$c = D^\circ \frac{\sin p^\circ \cos \frac{1}{2}(p-p')}{2\sin \frac{1}{2}(p-p^\circ) \sin \frac{1}{2}(p^\circ-p')} + D' \frac{\sin p' \cos \frac{1}{2}(p-p^\circ)}{2\sin \frac{1}{2}(p-p') \sin \frac{1}{2}(p'-p^\circ)}$$

$D^\circ = 15\,[(H+AR^\circ)] - (H^\circ+AR)] = +1'',95$; $D' = 15\,[(H+AR') - (H'+AR)] = -36'',60$

Log D°	= 0,29003	Log D'	= 1,56348 (—)
Log sin p°	= 9,41808	Log sin p'	= 8,43332 (—)
Log cos $\frac{1}{2}(p-p')$	= 9,71422	Log cos $\frac{1}{2}(p-p^\circ)$	= 9,80406
C. log 2	= 9,69897	C. log 2	= 9,69897
C. log sin $\frac{1}{2}(p-p^\circ)$	= 0,11297	C. log sin $\frac{1}{2}(p-p')$	= 0,06780
C. log sin $\frac{1}{2}(p^\circ-p')$	= 0,83707	C. log sin $\frac{1}{2}(p'-p^\circ)$	= 0,83707 (—)
	0,07134 (+)		0,40470 (—)
Nombre	= 1'',178	Nombre	2'',539 (—)

Collimation = — 1'',36 (à l'Est du méridien.)

Déviation azimutale.

Le même jour, le niveau appliqué à la lunette méridienne a donné pour l'inclinaison de l'axe

$i = +\ 6'',09$ (soulevé à l'Est.)

La formule de la déviation est

$$a \sin l = i \cos l + N$$

$$N = D \frac{\sin p^\circ \sin p'}{\sin (p^\circ - p')} + c \frac{\cos \frac{1}{2}(p^\circ + p')}{\cos \frac{1}{2}(p^\circ - p')}$$

Pour la facilité des calculs, il est bon de remarquer que, lorsque

les deux distances polaires p^o, p' sont peu considérables, comme ici, le facteur $\frac{\cos\frac{1}{2}(p^o+p')}{\cos\frac{1}{2}(p^o-p')}$ est sensiblement égal à l'unité. De plus, on a

$$D = 15\,[(H^o + AR') - (H' + AR^o)] = -\,38'',55$$

Log D	= 1,58602 (−)				
Log sin p^o	= 9,41808	Log c =	0,13386 (−)		
Log sin p'	= 8,43332 (−)	Log cos $\frac{1}{2}(p^o+p')$ =	9,99692	Log i	= 0,78462
C. log sin (p^o-p') =	0,54069	C. log cos $\frac{1}{2}(p^o-p')$ =	0,00465	Log cos l =	9,88960
	1,97811		0,13543		0,67422
Nombre =	0'',951 (+)	Nombre =	1'',366 (−)	Nombre =	4'',723 (+)

$$a \sin l = 4'',308$$

$a = 6'',824\ (+)$. (L'extrémité orientale de l'axe dévie vers le Sud.)

La marche de la pendule, tirée de l'observation d'Antarès, s'obtiendra par l'équation

$$\alpha = H - AR - i\frac{\cos(p-l)}{15\sin p} - a\frac{\sin(p-l)}{15\sin p} - \frac{c}{15\sin p};$$

$$\alpha = -\,56^s,60 - 0^s,114 - 0^s,548 + 0^s,112$$

$\alpha = -\,57^s,15$. (La pendule retarde.)

TABLE I.

Logarithmes des trois facteurs

$$\frac{1}{15 \sin p}, \quad \frac{\sin (p-l)}{15 \sin p}, \quad \frac{\cos (p-l)}{15 \sin p};$$

Calculés pour 28 étoiles fondamentales.

($l =$ colatit. de Bruxelles.)

ÉTOILES.	DIST. POLAIRE.	$\frac{1}{15 \sin p}$	$\frac{\sin (p-l)}{15 \sin p}$	$\frac{\cos (p-l)}{15 \sin p}$
λ Ursæ minoris	1° 8′ 52″	0.522 2026	0.511 5365 (—)	0.418 7597
λ Ursæ minoris (*p. i.*)	1 8 52 (—)	0.522 2026 (—)	0.332 9186	0.404 5722 (—)
Polaris.	1 50 27	0.405 8241	0.189 6452 (—)	0.302 4777
Polaris (*p. i.*).	1 50 27 (—)	0.405 8241 (—)	0.217 7555	0.285 8670 (—)
51 (Hév.) Cephei.	2 44 58	0.145 8508	9.917 2436 (—)	0.049 5414
51 (Hév.) Cephei (*p. i.*). . . .	2 44 58 (—)	0.145 8508 (—)	9.968 4209	0.015 6479 (—)
δ Ursæ minoris	3 24 9	0.050 4885	9.817 0285 (—)	9.959 8464
δ Ursæ minoris (*p. i.*)	3 24 9 (—)	0.050 4885 (—)	9.880 5805	9.917 7757 (—)
ε Ursæ minoris	7 43 4	9.695 8532	9.413 0609 (—)	9.626 9475
ε Ursæ minoris (*p. i.*)	7 43 4 (—)	9.695 8532 (—)	9.559 0222	9.530 7535 (—)
ζ Ursæ minoris.	11 44 6	9.515 5889	9.178 7099 (—)	9.465 8646
ζ Ursæ minoris (*p. i.*)	11 44 6 (—)	9.515 5889 (—)	9.405 3653	9.515 5654 (—)
β Ursæ minoris.	15 12 58	9.404 8447	9.011 9785 (—)	9.565 8079
β Ursæ minoris (*p. i.*)	15 12 58 (—)	9.404 8447 (—)	9.514 7884	9.170 2503 (—)
α Leonis	77 17 18	8.834 6860	8.625 3962	8.750 3787
α Orionis	82 57 45	8.827 5129	8.665 1786	8.688 2069
β Aquilæ	83 58 14	8.826 3179	8.674 4618	8.677 1358
α Canis minoris	84 23 10	8.823 9967	8.677 2870	8.675 6613
α Ceti	86 30 59	8.824 7119	8.691 4559	8.655 4727
α Aquarii	91 3 42	8.823 9853	8.720 0097	8.614 1514
β Aquarii	96 14 50	8.826 4908	8.750 5476	8.561 4920
α Hydræ	97 59 54	8.828 1541	8.760 5409	8.541 8627
β Orionis	98 25 7	8.828 5764	8.762 7224	8.557 3949
α Virginis	100 21 29	8.831 0445	8.775 7469	8.515 7165
α² Libræ	105 23 56	8.839 7864	8.801 3618	8.444 7849
β Ceti	108 49 48	8.847 7971	8.819 9010	8.388 3951
β Corvi	112 32 49	8.858 4409	8.839 9526	8.514 5535
α Scorpii.	116 5 1	8.870 5582	8.859 1710	8.224 7204

TABLE II.

Constantes de la collimation.

$$\text{Collimat.} = D^{\circ}\,(A^{\circ} + P^{\circ}\,dp^{\circ} + P'\,dp') + D'\,(A' + Q^{\circ}\,dp^{\circ} + Q'\,dp')$$

	ÉTOILES.	DIST. POLAIRE.	COEFFICIENT DE D°.	COEFFICIENT DE D'.
(1)	Polaris (pass. inf.). .	$p' = 1^{\circ}\,30'\,27''$ (—)	$A^{\circ} = 0{,}890735$	$A' = 0{,}386690$
	δ Ursæ minoris . . .	$p^{\circ} = 3\ 24\ 9$	Log $P^{\circ} = 0{,}714\ 8427$	Log $Q^{\circ} = 0{,}639\ 9052$ (-)
	α Leonis.	$p = 77\ 17\ 18$	Log $P' = 1{,}031\ 5543$	Log $Q' = 0{,}997\ 7619$ (—)
(2)	Polaris.	$p' = 1^{\circ}\,30'\,27''$	$A^{\circ} = 0{,}844512$	$A' = 0{,}381088$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p^{\circ} = 3\ 24\ 9$ (—)	Log $P^{\circ} = 0{,}586\ 4253$ (—)	Log $Q^{\circ} = 0{,}663\ 5357$
	α Leonis.	$p = 77\ 17\ 18$	Log $P' = 0{,}978\ 6431$ (—)	Log $Q' = 1{,}012\ 0600$
(3)	Polaris (p. inf.) . . .	$p' = 1^{\circ}\,30'\,27''$ (—)	$A^{\circ} = 0{,}806593$	$A' = 0{,}353081$
	δ Ursæ minoris . . .	$p^{\circ} = 3\ 24\ 9$	Log $P^{\circ} = 0{,}667\ 2032$	Log $Q^{\circ} = 0{,}598\ 9579$ (—)
	α Orionis	$p = 82\ 37\ 43$	Log $P' = 0{,}989\ 9184$	Log $Q' = 0{,}959\ 1872$ (—)
(4)	Polaris.	$p' = 1^{\circ}\,30'\,27''$	$A^{\circ} = 0{,}771503$	$A' = 0{,}345298$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p^{\circ} = 3\ 24\ 9$ (—)	Log $P^{\circ} = 0{,}552\ 1402$ (—)	Log $Q^{\circ} = 0{,}622\ 0044$
	α Orionis	$p = 82\ 37\ 43$	Log $P' = 0{,}937\ 8760$ (—)	Log $Q' = 0{,}968\ 2861$
(5)	Polaris (p. inf.) . . .	$p' = 1^{\circ}\,30'\,27''$ (—)	$A^{\circ} = 0{,}786933$	$A' = 0{,}345179$
	δ Ursæ minoris . . .	$p^{\circ} = 3\ 24\ 9$	Log $P^{\circ} = 0{,}655\ 4030$	Log $Q^{\circ} = 0{,}588\ 7440$ (—)
	β Aquilæ	$p = 83\ 58\ 14$	Log $P' = 0{,}979\ 5862$	Log $Q' = 0{,}949\ 5955$ (—)
(6)	Polaris.	$p' = 1^{\circ}\,30'\,27''$	$A^{\circ} = 0{,}754302$	$A' = 0{,}336916$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p^{\circ} = 3\ 24\ 9$ (—)	Log $P^{\circ} = 0{,}543\ 4995$ (—)	Log $Q^{\circ} = 0{,}611\ 7271$
	β Aquilæ	$p = 83\ 58\ 14$	Log $P' = 0{,}927\ 6871$ (—)	Log $Q' = 0{,}957\ 3689$
(7)	Polaris (p. inf.) . . .	$p' = 1^{\circ}\,30'\,27''$ (—)	$A^{\circ} = 0{,}780955$	$A' = 0{,}342772$
	δ Ursæ minoris . . .	$p^{\circ} = 3\ 24\ 9$	Log $P^{\circ} = 0{,}651\ 7630$	Log $Q^{\circ} = 0{,}585\ 5852$ (—)
	α Canis minoris . . .	$p = 84\ 23\ 10$	Log $P' = 0{,}976\ 5952$	Log $Q' = 0{,}946\ 6173$ (—)
(8)	Polaris.	$p' = 1^{\circ}\,30'\,27''$	$A^{\circ} = 0{,}749060$	$A' = 0{,}334365$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p^{\circ} = 3\ 24\ 9$ (—)	Log $P^{\circ} = 0{,}540\ 8166$ (—)	Log $Q^{\circ} = 0{,}608\ 5513$
	α Canis minoris . . .	$p = 84\ 23\ 10$	Log $P' = 0{,}924\ 5344$ (—)	Log $Q' = 0{,}954\ 0283$

NB. Pour les passages supérieurs, dp°, dp' sont positifs quand la distance polaire est supérieure à celle de la table.
» inférieurs » négatifs » »

	ÉTOILES.	DIST. POLAIRE.	COEFFICIENT DE D°.	COEFFICIENT DE D'.
(9)	Polaris (pass. inf.) . .	$p' = 1° 30' 27''$ (—)	$A° = 0,751085$	$A' = 0,330725$
	δ Ursæ minoris . . .	$p° = 3\ 24\ \ 9$	Log $P° = 0,633\ 1709$	Log $Q° = 0,569\ 4142$(—)
	α Ceti	$p = 86\ 30\ 59$	Log $P' = 0,960\ 0901$	Log $Q' = 0,931\ 4008$(—)
(10)	Polaris.	$p' = 1° 30' 27''$	$A° = 0,722798$	$A' = 0,321611$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p° = 3\ 24\ \ 9$ (—)	Log $P° = 0,527\ 0971$(—)	Log $Q° = 0,592\ 5125$
	α Ceti	$p = 86\ 30\ 59$	Log $P' = 0,908\ 3850$(—)	Log $Q' = 0,936\ 7813$
(11)	Polaris (p. inf.). . . .	$p' = 1° 30' 27''$ (—)	$A° = 0,691339$	$A' = 0,306499$
	δ Ursæ minoris . . .	$p° = 3\ 24\ \ 9$	Log $P° = 0,593\ 9026$	Log $Q° = 0,534\ 9521$(—)
	α Aquarii	$p = 91\ \ 3\ 42$	Log $P' = 0,925\ 5164$	Log $Q' = 0,899\ 0565$(—)
(12)	Polaris.	$p' = 1° 30' 27''$	$A° = 0,669886$	$A' = 0,296046$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p° = 3\ 24\ \ 9$ (—)	Log $P° = 0,497\ 6111$(—)	Log $Q° = 0,557\ 8120$
	α Aquarii	$p = 91\ \ 3\ 42$	Log $P' = 0,873\ 8961$(—)	Log $Q' = 0,900\ 1491$
(13)	Polaris (p. inf.). . . .	$p' = 1° 30' 27''$ (—)	$A° = 0,628992$	$A' = 0,281035$
	δ Ursæ minoris . . .	$p° = 3\ 24\ \ 9$	Log $P° = 0,549\ 4192$	Log $Q° = 0,495\ 5151$(—)
	β Aquarii	$p = 96\ 14\ 30$	Log $P' = 0,886\ 2388$	Log $Q' = 0,862\ 0594$(—)
(14)	Polaris	$p' = 1° 30' 27''$	$A° = 0,614125$	$A' = 0,269292$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p° = 3\ 24\ \ 9$ (—)	Log $P° = 0,465\ 3956$(—)	Log $Q° = 0,518\ 3075$
	β Aquarii	$p = 96\ 14\ 30$	Log $P' = 0,834\ 3190$(—)	Log $Q' = 0,858\ 2889$
(15)	Polaris (p. inf.). . . .	$p' = 1° 30' 27''$ (—)	$A° = 0,609062$	$A' = 0,272855$
	δ Ursæ minoris . . .	$p° = 3\ 24\ \ 9$	Log $P° = 0,534\ 5252$	Log $Q° = 0,482\ 0468$(—)
	α Hydræ	$p = 97\ 59\ 54$	Log $P' = 0,872\ 8949$	Log $Q' = 0,849\ 4495$(—)
(16)	Polaris.	$p' = 1° 30' 27''$	$A° = 0,596178$	$A' = 0,260722$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p° = 3\ 24\ \ 9$ (—)	Log $P° = 0,451\ 8957$(—)	Log $Q° = 0,505\ 1274$
	α Hydræ	$p = 97\ 59\ 54$	Log $P' = 0,820\ 7755$(—)	Log $Q' = 0,844\ 0503$
(17)	Polaris (p. inf.) . . .	$p' = 1° 30' 27''$ (—)	$A° = 0,604748$	$A' = 0,271082$
	δ Ursæ minoris . . .	$p° = 3\ 24\ \ 9$	Log $P° = 0,530\ 9848$	Log $Q° = 0,479\ 0712$(—)
	β Orionis	$p = 98\ 23\ \ 7$	Log $P' = 0,869\ 9517$	Log $Q' = 0,846\ 6877$(—)
(18)	Polaris	$p' = 1° 30' 27''$	$A° = 0,592286$	$A' = 0,258867$
	δ Ursæ min. (p. inf.).	$p° = 3\ 24\ \ 9$ (—)	Log $P° = 0,449\ 3287$(—)	Log $Q° = 0,502\ 1745$
	β Orionis	$p = 98\ 23\ \ 7$	Log $P' = 0,817\ 7814$(—)	Log $Q' = 0,840\ 8724$

	ÉTOILES.	DIST. POLAIRE.	COEFFICIENT DE D°.	COEFFICIENT DE D'.
(19)	Polaris (p. inf.). . . .	p' = 1° 30′ 27″ (—)	A° = 0,583160	A' = 0,262195
	δ Ursæ minoris . . .	p° = 3 24 9	Log P° = 0,513 9715	Log Q° = 0,465 8434(—)
	α Virginis.	p = 100 21 29	Log P' = 0,854 9160	Log Q' = 0,832 4524(—)
(20)	Polaris.	p' = 1° 30′ 27″	A° = 0,572769	A' = 0,249575
	δ Ursæ min. (p. inf.).	p° = 3 24 9 (—)	Log P° = 0,436 0564(—)	Log Q° = 0,487 0782
	α Virginis.	p = 100 21 29	Log P' = 0,802 4476(—)	Log Q' = 0,824 7515
(21)	Polaris (p. inf.) . . .	p' = 1° 30′ 27″ (—)	A° = 0,530847	A' = 0,240564
	δ Ursæ minoris . . .	p° = 3 24 9	Log P° = 0,470 2385	Log Q° = 0,424 3832(—)
	α² Libræ.	p = 105 23 56	Log P' = 0,816 1654	Log Q' = 0,795 6316(—)
(22)	Polaris.	p' = 1° 30′ 27″	A° = 0,525192	A' = 0,227015
	δ Ursæ min. (p. inf.)	p° = 3 24 9 (—)	Log P° = 0,401 5158(—)	Log Q° = 0,448 0907
	α² Libræ.	p = 105 23 56	Log P' = 0,762 6275(—)	Log Q' = 0,783 0255
(23)	Polaris (p. inf.). . . .	p' = 1° 30′ 27″ (—)	A° = 0,497334	A' = 0,226636
	δ Ursæ minoris. . . .	p° = 3 24 9	Log P° = 0,440 0120	Log Q° = 0,396 9341(—)
	β Ceti	p = 108 49 48	Log P' = 0,789 3905	Log Q' = 0,770 1142(—)
(24)	Polaris.	p' = 1° 30′ 27″	A° = 0,494490	A' = 0,212335
	δ Ursæ min. (p. inf.).	p° = 3 24 9 (—)	Log P° = 0,377 3607(—)	Log Q° = 0,421 0831
	β Ceti.	p = 108 49 48	Log P' = 0,734 8333(—)	Log Q' = 0,754 0009
(25)	Polaris (p. inf.). . . .	p' = 1° 30′ 27″ (—)	A° = 0,462710	A' = 0,212187
	δ Ursæ minoris . . .	p° = 3 24 9	Log P° = 0,406 7021	Log Q° = 0,366 4982(—)
	β Corvi	p = 112 32 49	Log P' = 0,759 8777	Log Q' = 0,741 8946(—)
(26)	Polaris.	p' = 1° 30′ 27″	A° = 0,462598	A' = 0,197551
	δ Ursæ min. (p. inf.).	p° = 3 24 9 (—)	Log P° = 0,350 4743(—)	Log Q° = 0,391 2466
	β Corvi	p = 112 32 49	Log P' = 0,703 9837(—)	Log Q' = 0,721 8467
(27)	Polaris (p. inf.) . . .	p' = 1° 30′ 27″ (—)	A° = 0,431219	A' = 0,198995
	δ Ursæ minoris . . .	p° = 3 24 9	Log P° = 0,374 3300	Log Q° = 0,336 7099(—)
	α Scorpii	p = 116 5 1	Log P' = 0,731 1739	Log Q' = 0,714 3657(—)
(28)	Polaris.	p' = 1° 30′ 27″	A° = 0,433433	A' = 0,183901
	δ Ursæ min. (p. inf.).	p° = 3 24 9 (—)	Log P° = 0,324 0542(—)	Log Q° = 0,362 1591
	α Scorpii	p = 116 5 1	Log P' = 0,673 6959(—)	Log Q' = 0,690 4080

	ÉTOILES.	DIST. POLAIRE.	COEFFICIENT DE D°.	COEFFICIENT DE D′.
(29)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p' = 1° 8′ 52″ (—)	A° = 0,901820	A′ = 0,371242
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,788 0911	Log Q° = 0,726 0989(—)
	α Leonis.	p = 77 17 18	Log P′ = 1,134 8193	Log Q′ = 1,108 5656(—)
(30)	λ Ursæ minoris . . .	p' = 1° 8′ 52″	A° = 0,863079	A′ = 0,366358
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (—)	Log P° = 0,680 6588(—)	Log Q° = 0,743 9418
	α Leonis.	p = 77 17 18	Log P′ = 1,092 1553(—)	Log Q′ = 1,118 2410
(31)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p' = 1° 8′ 52″ (—)	A° = 0,817406	A′ = 0,338711
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,741 5366	Log Q° = 0,685 1122(—)
	α Orionis	p = 82 37 43	Log P′ = 1,093 2950	Log Q′ = 1,069 4163( )
(32)	λ Ursæ minoris . . .	p' = 1° 8′ 52″	A° = 0,787792	A′ = 0,332232
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (—)	Log P° = 0,645 1622(—)	Log Q° = 0,702 6627
	α Orionis	p = 82 37 43	Log P′ = 1,051 3309(—)	Log Q′ = 1,075 0737
(33)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p' = 1° 8′ 52″ (—)	A° = 0,797664	A′ = 0,331066
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,730 0294	Log Q° = 0,674 8922(—)
	β Aquilæ	p = 83 58 14	Log P′ = 1,082 9831	Log Q′ = 1,059 6813(—)
(34)	λ Ursæ minoris . . .	p' = 1° 8′ 52″	A° = 0,770067	A′ = 0,324235
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (—)	Log P° = 0,636 2983(—)	Log Q° = 0,692 3945
	β Aquilæ	p = 83 58 14	Log P′ = 1,041 1346(—)	Log Q′ = 1,064 3137
(35)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p' = 1° 8′ 52″ (—)	A° = 0,791660	A′ = 0,328738
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,726 4938	Log Q° = 0,671 7319(—)
	α Canis minoris . . .	p = 84 23 10	Log P′ = 1,079 7978	Log Q′ = 1,056 6581(—)
(36)	λ Ursæ minoris . . .	p' = 1° 8′ 52″	A° = 0,764667	A′ = 0,321801
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (—)	Log P° = 0,633 4820(—)	Log Q° = 0,689 2211
	α Canis minoris . . .	p = 84 23 10	Log P′ = 1,037 9801(—)	Log Q′ = 1,061 0151
(37)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p' = 1° 8′ 52″ (—)	A° = 0,761652	A′ = 0,317085
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,708 3126	Log Q° = 0,655 5551(—)
	α Ceti	p = 86 30 59	Log P′ = 1,063 5179	Log Q′ = 1,041 2393(—)
(38)	λ Ursæ minoris . . .	p' = 1° 8′ 52″	A° = 0,737618	A′ = 0,309631
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (—)	Log P° = 0,619 3456(—)	Log Q° = 0,672 9928
	α Ceti	p = 86 30 59	Log P′ = 1,021 8239(—)	Log Q′ = 1,044 0097

	ÉTOILES.	DIST. POLAIRE.	COEFFICIENT DE D°.	COEFFICIENT DE D′.
	λ Ursæ min. (p. inf.).	$p'=$ 1° 8′ 52″(—)	$A^{\circ} =$ 0,701587	$A' =$ 0,293660
(39)	51 Cephei	$p'=$ 2 44 38	Log $P^{\circ} =$ 0,669 8524	Log $Q^{\circ} =$ 0,621 0936(—)
	α Aquarii	$p=$ 91 3 42	Log $P' =$ 1,028 9738	Log $Q' =$ 1,008 3973(—)
	λ Ursæ minoris . . .	$p'=$ 1° 8′ 52″	$A^{\circ} =$ 0,683157	$A' =$ 0,285227
(40)	51 Cephei (p. inf.) . .	$p^{\circ}=$ 2 44 38 (—)	Log $P^{\circ} =$ 0,589 0367(—)	Log $Q^{\circ} =$ 0,638 5019
	α Aquarii	$p=$ 91 3 42	Log $P' =$ 0,987 3499(—)	Log $Q' =$ 1,007 8396
	λ Ursæ min. (p. inf.).	$p'=$ 1° 8′ 52″(—)	$A^{\circ} =$ 0,638843	$A' =$ 0,269051
(41)	51 Cephei	$p^{\circ}=$ 2 44 38	Log $P^{\circ} =$ 0,626 2261	Log $Q^{\circ} =$ 0,581 6781(—)
	β Aquarii	$p=$ 96 14 30	Log $P' =$ 0,989 6918	Log $Q' =$ 0,970 9091(—)
	λ Ursæ minoris . . .	$p'=$ 1° 8′ 52″	$A^{\circ} =$ 0,625813	$A' =$ 0,259674
(42)	51 Cephei (p. inf.) . .	$p^{\circ}=$ 2 44 38 (—)	Log $P^{\circ} =$ 0,554 0540(--)	Log $Q^{\circ} =$ 0,599 1872
	β Aquarii	$p=$ 96 14 30	Log $P' =$ 0,947 8264(—)	Log $Q' =$ 0,966 5592
	λ Ursæ min (p. inf.).	$p'=$ 1° 8′ 52″(—)	$A^{\circ} =$ 0,618772	$A' =$ 0,261149
(43)	51 Cephei	$p^{\circ}=$ 2 44 38	Log $P^{\circ} =$ 0,611 4488	Log $Q^{\circ} =$ 0,568 2224(—)
	α Hydræ.	$p=$ 97 59 54	Log $P' =$ 0,976 3370	Log $Q' =$ 0,958 1376(—)
	λ Ursæ minoris . . .	$p'=$ 1° 8′ 52″	$A^{\circ} =$ 0,607371	$A' =$ 0,251486
(44)	51 Cephei (p. inf.) . .	$p^{\circ}=$ 2 44 38 (—)	Log $P^{\circ} =$ 0,542 0801(—)	Log $Q^{\circ} =$ 0,585 7988
	α Hydræ.	$p=$ 97 59 54	Log $P' =$ 0,934 3109(—)	Log $Q' =$ 0,952 4662
	λ Ursæ min. (p. inf.).	$p'=$ 1° 8′ 52″(—)	$A^{\circ} =$ 0,614427	$A' =$ 0,259436
(45)	51 Cephei	$p^{\circ}=$ 2 44 38	Log $P^{\circ} =$ 0,608 1908	Log $Q^{\circ} =$ 0,565 2499(—)
	β Orionis	$p=$ 98 23 7	Log $P' =$ 0,973 3908	Log $Q' =$ 0,955 2535(—)
	λ Ursæ minoris . . .	$p'=$ 1° 8′ 52″	$A^{\circ} =$ 0,603374	$A' =$ 0,249715
(46)	51 Cephei (p. inf.) . .	$p^{\circ}=$ 2 44 38 (—)	Log $P^{\circ} =$ 0,539 3904(—)	Log $Q^{\circ} =$ 0,582 8435
	β Orionis	$p=$ 98 23 7	Log $P' =$ 0,931 3289(—)	Log $Q' =$ 0,949 3284
	λ Ursæ min. (p. inf.).	$p'=$ 1° 8′ 52″(—)	$A^{\circ} =$ 0,592677	$A' =$ 0,250852
(47)	51 Cephei	$p^{\circ}=$ 2 44 38	Log $P^{\circ} =$ 0,591 5212	Log $Q^{\circ} =$ 0,550 0401(—)
	α Virginis	$p=$100 21 29	Log $P' =$ 0,958 3360	Log $Q' =$ 0,940 8821(—)
	λ Ursæ minoris . . .	$p'=$ 1° 8′ 52″	$A^{\circ} =$ 0,583320	$A' =$ 0,240832
(48)	51 Cephei (p. inf.) . .	$p^{\circ}=$ 2 44 38 (—)	Log $P^{\circ} =$ 0,525 7941(—)	Log $Q^{\circ} =$ 0,567 7339
	α Virginis	$p=$100 21 29	Log $P' =$ 0,916 0287(—)	Log $Q' =$ 0,933 4568

	ÉTOILES.	DIST. POLAIRE.	COEFFICIENT DE D°.	COEFFICIENT DE D′.
(49)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p′ = 1° 8′ 52″ (−)	A° = 0,539941	A′ = 0,229966
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,548 5707	Log Q° = 0,510 6427 (—)
	α^2 Libræ.	p = 105 23 56	Log P′ = 0,919 5085	Log Q′ = 0,905 5597 (—)
(50)	λ Ursæ minoris . . .	p′ = 1° 8′ 52″	A° = 0,534466	A′ = 0,219268
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (—)	Log P° = 0,490 3899 (—)	Log Q° = 0,528 6965
	α^2 Libræ.	p = 105 23 56	Log P′ = 0,876 5395 (—)	Log Q′ = 0,892 2689
(51)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p′ = 1° 8′ 52″ (—)	A° = 0,506153	A′ = 0,216477
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,518 8881	Log Q° = 0,483 2510 (—)
	β Ceti	p = 108 49 48	Log P′ = 0,892 6565	Log Q′ = 0,877 6853 (—)
(52)	λ Ursæ minoris . . .	p′ = 1° 8′ 52″	A° = 0,502968	A′ = 0,205420
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (−)	Log P° = 0,465 6737 (—)	Log Q° = 0,501 6408
	β Ceti	p = 108 49 48	Log P′ = 0,848 6823 (−)	Log Q′ = 0.865 6545
(53)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p′ = 1° 8′ 52″ (−)	A° = 0,471185	A′ = 0,202579
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,486 2140	Log Q° = 0,452 8922 (—)
	β Corvi	p = 112 32 49	Log P′ = 0,863 0355	Log Q′ = 0,849 0650 (—)
(54)	λ Ursæ minoris . . .	p′ = 1° 8′ 52″	A° = 0,470261	A′ = 0,191085
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (−)	Log P° = 0,438 1761 (—)	Log Q° = 0,471 7384
	β Corvi	p = 112 32 49	Log P′ = 0.817 9686 (—)	Log Q′ = 0.851 9080
(55)	λ Ursæ min. (p. inf.).	p′ = 1° 8′ 52″ (−)	A° = 0,459382	A′ = 0,189851
	51 Cephei	p° = 2 44 38	Log P° = 0,434 5135	Log Q° = 0.425 1936 (−)
	α Scorpii	p = 116 5 1	Log P′ = 0,854 2051	Log Q′ = 0,807 4061 (—)
(56)	λ Ursæ minoris . . .	p′ = 1° 8′ 52″	A° = 0,440365	A′ = 0,178024
	51 Cephei (p. inf.) . .	p° = 2 44 38 (—)	Log P° = 0.411 5420 (−)	Log Q° = 0.442 5735
	α Scorpii	p = 116 5 1	Log P′ = 0,787 8587 (—)	Log Q′ = 0,800 9095

NB. Lorsque les différences dp° et dp' seront très-petites ou de signes opposés, les quantités $(P^\circ dp^\circ + P' dp')$, $(Q^\circ dp^\circ + Q' dp')$ prendront des valeurs si faibles, qu'on pourra, dans la pratique, les négliger sans erreur appréciable. Alors la collimation sera donnée immédiatement par la formule bien simple

$$c = A^\circ D^\circ + A' D'.$$

TABLE III.

Logarithmes des arcs différentiels dp.

dp.	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.
0′.0″,0	Infini négatif.	0′.2″,5	5,083 5149	0′.5″,0	5,384 5449	0′.7″,5	5,560 6361	0′.10″,0	5,685 5749
1	3,685 5749	6	5,100 5482	1	5,393 1450	6	5,566 3884	1	5,689 8963
2	3,986 6049	7	5,116 9386	2	5,401 5782	7	5,572 0656	2	5,694 1751
3	4,162 6961	8	5,132 7329	3	5,409 8507	8	5,577 6695	3	5,698 4121
4	4,287 6349	9	5,147 9729	4	5,417 9686	9	5,583 2019	4	5,702 6082
5	4,384 5449	3″,0	5,162 6961	5	5,425 9376	8″,0	5,588 6649	5	5,706 7642
6	4,463 7261	1	5,176 9366	6	5,433 7629	1	5,594 0599	6	5,710 8808
7	4,530 6729	2	5,190 7248	7	5,441 4498	2	5,599 3888	7	5,714 9587
8	4,588 6649	3	5,204 0888	8	5,449 0029	3	5,604 6529	8	5,718 9987
9	4,639 8174	4	5,217 0538	9	5,456 4269	4	5,609 8541	9	5,723 0014
1″,0	4,685 5749	5	5,229 6429	6″,0	5,463 7261	5	5,614 9938	11″,0	5,726 9676
1	4,726 9676	6	5,241 8774	1	5,470 9047	6	5,620 0733	1	5,730 8979
2	4,764 7561	7	5,253 7766	2	5,477 9665	7	5,625 0941	2	5,734 7929
3	4,799 5182	8	5,265 3585	3	5,484 9154	8	5,630 0575	3	5,738 6533
4	4,831 7029	9	5,276 6395	4	5,491 7548	9	5,634 9649	4	5,742 4798
5	4,861 6661	4″,0	5,287 6349	5	5,498 4882	9″,0	5,639 8174	5	5,746 2727
6	4,889 6948	1	5,298 3587	6	5,505 1188	1	5,644 6165	6	5,750 0329
7	4,916 0238	2	5,308 8242	7	5,511 6497	2	5,649 3627	7	5,753 7608
8	4,940 8474	3	5,319 0435	8	5,518 0838	3	5,654 0578	8	5,757 4569
9	4,964 3285	4	5,329 0275	9	5,524 4239	4	5,658 7028	9	5,761 1219
2″,0	4,986 6049	5	5,338 7874	7″,0	5,530 6729	5	5,663 2985	12″,0	5,764 7561
1	5,007 7942	6	5,348 3327	1	5,536 8332	6	5,667 8461	1	5,768 3603
2	5,027 9975	7	5,357 6727	2	5,542 9074	7	5,672 3466	2	5,771 9347
3	5,047 3027	8	5,366 8161	3	5,548 8977	8	5,676 8010	3	5,775 4800
4	5,065 7861	9	5,375 7709	4	5,554 8066	9	5,681 2101	4	5,778 9966

dp	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.
0'.12",5	5,782 4849	0'.16",0	5,889 6948	0'.19",5	5,975 6095	0'.23",0	6,047 3027	0'.26",5	6,108 8207
6	5,785 9454	1	5,892 4007	6	5,977 8310	1	6,049 1869	6	6,110 4565
7	5,789 3786	2	5,895 0898	7	5,980 0411	2	6,051 0629	7	6,112 0861
8	5,792 7849	3	5,897 7624	8	5,982 2401	3	6,052 9308	8	6,113 7096
9	5,796 1646	4	5,900 4187	9	5,984 4280	4	6,054 7907	9	6,115 3271
13".0	5,799 5182	5	5,903 0588	20".0	5,986 6049	5	6,056 6427	27".0	6,116 9386
1	5,802 8461	6	5,905 6829	1	5,988 7710	6	6,058 4869	1	6,118 5441
2	5,806 1488	7	5,908 2914	2	5,990 9263	7	6,060 3232	2	6,120 1437
3	5,809 4265	8	5,910 8842	3	5,993 0709	8	6,062 1518	3	6,121 7375
4	5,812 6796	9	5,913 4616	4	5,995 2051	9	6,063 9728	4	6,123 3254
5	5,815 9086	17",0	5,916 0238	5	5,997 3288	24".0	6,065 7861	5	6,124 9075
6	5,819 1137	1	5,918 5710	6	5,999 4421	1	6,067 5919	6	6,126 4839
7	5,822 2954	2	5,921 1034	7	6,001 5452	2	6,069 3902	7	6,128 0546
8	5,825 4539	3	5,923 6210	8	6,003 6382	3	6,071 1811	8	6,129 6196
9	5,828 5896	4	5,926 1242	9	6,005 7212	4	6,072 9647	9	6,131 1790
14",0	5,831 7029	5	5,928 6130	21",0	6,007 7942	5	6,074 7409	28",0	6,132 7329
1	5,834 7940	6	5,931 0876	1	6,009 8573	6	6,076 5100	1	6,134 2812
2	5,837 8632	7	5,933 5482	2	6,011 9108	7	6,078 2718	2	6,135 8239
3	5,840 9109	8	5,935 9949	3	6,013 9545	8	6,080 0265	3	6,137 3615
4	5,843 9374	9	5,938 4279	4	6,015 9887	9	6,081 7742	4	6,138 8932
5	5,846 9429	18",0	5,940 8474	5	6,018 0133	25",0	6,083 5149	5	6,140 4198
6	5,849 9278	1	5,943 2535	6	6,020 0286	1	6,085 2486	6	6,141 9409
7	5,852 8922	2	5,945 6465	7	6,022 0346	2	6,086 9754	7	6,143 4568
8	5,855 8366	3	5,948 0260	8	6,024 0314	3	6,088 6954	8	6,144 9674
9	5,858 7612	4	5,950 3927	9	6,026 0190	4	6,090 4086	9	6,146 4727
15",0	5,861 6661	5	5,952 7466	22",0	6,027 9975	5	6,092 1150	29",0	6,147 9729
1	5,864 5518	6	5,955 0879	1	6,029 9672	6	6,093 8148	1	6,149 4678
2	5,867 4184	7	5,957 4165	2	6,031 9279	7	6,095 5080	2	6,150 9577
3	5,870 2663	8	5,959 7328	3	6,033 8797	8	6,097 1946	3	6,152 4424
4	5,873 0955	9	5,962 0367	4	6,035 8229	9	6,098 8747	4	6,153 9222
5	5,875 9065	19",0	5,964 3285	5	6,037 7574	26",0	6,100 5482	5	6,155 3968
6	5,878 6994	1	5,966 6083	6	6,039 6833	1	6,102 2154	6	6,156 8665
7	5,881 4745	2	5,968 8761	7	6,041 6007	2	6,103 8761	7	6,158 3313
8	5,884 2319	3	5,971 1322	8	6,043 5097	3	6,105 5306	8	6,159 7911
9	5,886 9719	4	5,973 3766	9	6,045 4104	4	6,107 1788	9	6,161 2461

dp.	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.
0'.30",0	6,162 6961	0'.45",0	6.338 7874	1'.0",0	6,463 7261	1'.15",0	6,560 6361	1'.30",0	6,639 8174
5	6,169 8746	5	6,343 5863	5	6,467 3302	5	6,563 5218	5	6,642 2234
31",0	6,176 9366	46",0	6.348 3527	1",0	6.470 9047	16",0	6,566 3884	31",0	6,644 6162
5	6,183 8855	5	6,353 0279	5	6,474 4500	5	6,569 2365	5	6,646 9959
32",0	6,190 7248	47",0	6,357 6727	2",0	6.477 9665	17".0	6,572 0656	32",0	6,649 3627
5	6,197 4582	5	6,362 2685	5	6,481 4549	5	6,574 8765	5	6,651 7163
33",0	6,204 0888	48",0	6,366 8161	3",0	6,484 9154	18".0	6,577 6695	33",0	6,654 0578
5	6,210 6197	5	6.371 3166	5	6,488 3486	5	6,580 4445	5	6,656 3864
34",0	6,217 0538	49",0	6.375 7709	4",0	6,491 7548	19",0	6,583 2019	34",0	6,658 7027
5	6,223 3940	5	6,380 1800	5	6,495 1345	5	6,585 9419	5	6,661 0066
35",0	6,229 6429	50",0	6,384 5449	5".0	6,498 4882	20",0	6,588 6648	35",0	6,663 2985
5	6,235 8032	5	6,388 8662	5	6,501 8161	5	6,591 3707	5	6,665 5782
36",0	6,241 8774	51",0	6,393 1450	6",0	6,505 1188	21",0	6,594 0599	36",0	6,667 8461
5	6,247 8678	5	6,397 3820	5	6,508 3965	5	6,596 7324	5	6,670 1021
37".0	6,253 7766	52",0	6,401 5782	7",0	6,511 6497	22",0	6,599 3887	37",0	6,672 3466
5	6,259 6062	5	6.405 7341	5	6,514 8786	5	6,602 0288	5	6,674 5794
38",0	6,265 3585	53",0	6,409 8307	8",0	6,518 0858	23",0	6,604 6529	38",0	6,676 8009
5	6,271 0556	5	6,413 9286	5	6,521 2654	5	6,607 2613	5	6,679 0110
39",0	6,276 6395	54",0	6,417 9686	9",0	6.524 4259	24",0	6,609 8541	39",0	6,681 2100
5	6,282 1720	5	6,421 9714	5	6.527 5596	5	6,612 4315	5	6,683 3979
40",0	6,287 6549	55",0	6.425 9376	10",0	6,530 6729	25",0	6,614 9938	40".0	6,685 5748
5	6,293 0299	5	6,429 8678	5	6,533 7659	5	6,617 5409	5	6,687 7409
41",0	6,298 3587	56",0	6,433 7629	11",0	6.536 8352	26",0	6,620 0733	41",0	6,689 8962
5	6,303 6230	5	6,437 6253	5	6,539 8809	5	6,622 5909	5	6,692 0408
42",0	6,308 8242	57",0	6,441 4497	12",0	6.542 9074	27",0	6,625 0941	42",0	6,694 1750
5	6,313 9638	5	6.445 2426	5	6.545 9128	5	6,627 5829	5	6,696 2987
43",0	6,319 0433	58",0	6,449 0029	13",0	6,548 8977	28",0	6,630 0575	43".0	6.698 4121
5	6,324 0641	5	6,452 7308	5	6.551 8622	5	6.632 5181	5	6,700 5152
44",0	6,329 0275	59",0	6,456 4269	14",0	6.554 8066	29",0	6.634 9649	44",0	6,702 6082
5	6,333 9348	5	6,460 0918	5	6,557 7311	5	6,637 3978	5	6,704 6912

dp.	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.	*dp.*	LOG.
1′.45″,0	6,706 7641	2′.0″,0	6.764 7361	2′.15″,0	6,815 9086	2′.30″.0	6,861 6661	2′.45″,0	6.903 0588
5	6,708 8273	5	6,766 5619	5	6,817 5141	5	6,863 1113	5	6.904 3728
46″.0	6,710 8807	1″.0	6.768 3602	16″.0	6,819 1137	31″.0	6,864 5518	46″.0	6.905 6829
5	6,712 9245	5	6.770 1511	5	6,820 7075	5	6,865 9874	5	6.906 9898
47″,0	6,714 9586	2″.0	6.771 9547	17″.0	6.822 2954	32″.0	6,867 4184	47″.0	6.908 2913
5	6,716 9833	5	6,773 7109	5	6.823 8775	5	6,868 8446	5	6.909 5897
48″,0	6,718 9986	3″.0	6.775 4800	18″,0	6.825 4539	33″.0	6,870 2663	48″.0	6.910 8841
5	6,721 0046	5	6.777 2418	5	6.827 0246	5	6,871 6835	5	6.912 1747
49″,0	6,723 0015	4″.0	6.778 9965	19″.0	6.828 5896	34″.0	6,873 0955	49″.0	6.913 4615
5	6,724 9890	5	6.780 7442	5	6.830 1490	5	6,874 5035	5	6.914 7445
50″.0	6,726 9675	5″.0	6.782 4849	20″.0	6.831 7029	35″.0	6,875 9065	50″.0	6.916 0237
5	6,728 9372	5	6,784 2186	5	6.833 2512	5	6,877 3052	5	6.917 2991
51″.0	6,730 8978	6″.0	6.785 9454	21″.0	6.834 7939	36″.0	6,878 6994	51″.0	6.918 5709
5	6,732 8497	5	6.787 6654	5	6.836 3313	5	6,880 0891	5	6.919 8389
52″,0	6,734 7929	7″.0	6.789 3786	22″.0	6.837 8632	37″.0	6,881 4745	52″,0	6.921 1033
5	6,736 7274	5	6.791 0850	5	6.839 3897	5	6,882 8555	5	6.922 3640
53″.0	6,738 6533	8″.0	6.792 7848	23″.0	6.840 9109	38″.0	6,884 2319	53″.0	6.923 6209
5	6.740 5707	5	6.794 4780	5	6.842 4267	5	6,885 6041	5	6.924 8742
54″.0	6.742 4797	9″.0	6.796 1645	24″,0	6.843 9373	39″,0	6,886 9719	54″.0	6.926 1241
5	6.744 3804	5	6.797 8446	5	6.845 4427	5	6,888 3355	5	6.927 3703
55″.0	6.746 2727	10″.0	6.799 5182	25″,0	6.846 9428	40″,0	6,889 6948	55″.0	6.928 6129
5	6.748 1569	5	6.801 1854	5	6.848 4378	5	6,891 0498	5	6.929 8520
56″.0	6,750 0328	11″.0	6.802 8461	26″,0	6.849 9277	41″.0	6,892 4007	56″.0	6.931 0875
5	6.751 9008	5	6.804 5006	5	6.851 4124	5	6,893 7473	5	6.932 3196
57″.0	6,753 7607	12″.0	6.806 1488	27″.0	6.852 8922	42″.0	6,895 0898	57″.0	6.933 5481
5	6.755 6127	5	6.807 7907	5	6.854 3668	5	6,896 4281	5	6.934 7732
58″.0	6.757 4569	13″.0	6.809 4265	28″.0	6.855 8365	43″.0	6,897 7624	58″.0	6.935 9948
5	6,759 2932	5	6.811 0561	5	6.857 3013	5	6,899 0925	5	6.937 2131
59″.0	6,761 1218	14″.0	6.812 6796	29″.0	6,858 7611	44″.0	6,900 4187	59″.0	6.938 4278
5	6,762 9428	5	6,814 2971	5	6.860 2160	5	6,901 7408	5	6.939 6392

TABLE IV.

Constantes de la collimation calculées pour les doubles passages de la polaire, combinés avec le passage d'une étoile fondamentale à faible déclinaison.

$$\text{Collimation} = D^{o}\,(A^{o} - P^{o}\,dp') + D'\,(A' + P'\,dp').$$

	ÉTOILES.	DIST. POLAIRE.	COEFFICIENT DE D°.	COEFFICIENT DE D′.
(1)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,621698	A′ = 0,629124
	α Leonis.	p = 77 17 18	Log P° = 9,155 3110	Log P′ = 9,163 8978
(2)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,566944	A′ = 0,570817
	α Orionis	p = 82 57 45	Log P° = 8,854 0017	Log P′ = 8,880 0053
(3)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,554071	A′ = 0,557160
	β Aquilæ	p = 83 58 14	Log P° = 8,755 9882	Log P′ = 8,781 3858
(4)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,550151	A′ = 0,553005
	α Canis minoris . . .	p = 84 23 10	Log P° = 8,721 6851	Log P′ = 8,746 8981
(5)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,530524	A′ = 0,532226
	α Ceti	p = 86 30 59	Log P° = 8,497 8494	Log P′ = 8,522 1392
(6)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,491056	A′ = 0,490578
	α Aquarii	p = 91 3 42	Log P° = 7,947 7669(—)	Log P′ = 7,970 2033(—)
(7)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,449571	A′ = 0,446990
	β Aquarii	p = 96 14 30	Log P° = 8,680 5554(—)	Log P′ = 8,700 8476(—)
(8)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,436245	A′ = 0,433030
	α Hydræ.	p = 97 59 54	Log P° = 8,776 0544(—)	Log P′ = 8,795 9230(—)
(9)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,433556	A′ = 0,430007
	β Orionis	p = 98 23 7	Log P° = 8,795 9580(—)	Log P′ = 8,815 6916(—)
(10)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,418878	A′ = 0,414867
	α Virginis	p = 100 21 29	Log P° = 8,872 5484(—)	Log P′ = 8,891 6052(—)
(11)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,383658	A′ = 0,378118
	α² Libræ.	p = 105 23 56	Log P° = 9,012 2337(—)	Log P′ = 9,029 6453(—)
(12)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,360947	A′ = 0,354526
	β Ceti.	p = 108 49 48	Log P° = 9,078 3069(—)	Log P′ = 9,094 6605(—)
(13)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,337408	A′ = 0,330115
	β Corvi	p = 112 32 49	Log P° = 9,134 1871(—)	Log P′ = 9,149 4449(—)
(14)	Polaris.	p′ = 1°30′27″	A° = 0,315913	A′ = 0,307877
	α Scorpii	p = 116 5 1	Log P° = 9,176 8176(—)	Log P′ = 9,191 0760(—)

TABLE V.

Logarithmes des facteurs $\frac{\cos \lambda}{\cos \lambda'}$, par lesquels il faut multiplier la déviation azimutale, calculée pour la latitude de Bruxelles, $\lambda = 50^\circ\ 51'\ 11''$, afin de la ramener à une latitude quelconque, λ'.

λ'	LOG $\frac{\cos \lambda}{\cos \lambda'}$	DIFFÉRENCES.	λ'	LOG $\frac{\cos \lambda}{\cos \lambda'}$	DIFFÉRENCES.
35° 0'	9,886 8792	0,000 8873	40° 0'	9,915 9897	0,001 0632
10	9,887 7665	8928	10	9,917 0529	0695
20	9,888 6593	8984	20	9,918 1224	0758
30	9,889 5577	9039	30	9,919 1982	0821
40	9,890 4616	9094	40	9,920 2803	0886
50	9,891 3710	9151	50	9,921 3689	0949
36° 0'	9,892 2861	9206	41° 0'	9,922 4638	1014
10	9,893 2067	9263	10	9,923 5652	1079
20	9,894 1330	9320	20	9,924 6731	1145
30	9,895 0650	9376	30	9,925 7876	1209
40	9,896 0026	9434	40	9,926 9085	1276
50	9,896 9460	9491	50	9,928 0361	1341
37° 0'	9,897 8951	9548	42° 0'	9,929 1702	1409
10	9,898 8499	9607	10	9,930 3111	1475
20	9,899 8106	9664	20	9,931 4586	1542
30	9,900 7770	9723	30	9,932 6128	1610
40	9,901 7493	9782	40	9,933 7738	1678
50	9,902 7275	9841	50	9,934 9416	1746
38° 0'	9,903 7116	9899	43° 0'	9,936 1162	1815
10	9,904 7015	9959	10	9,937 2977	1884
20	9,905 6974	0,001 0019	20	9,938 4861	1954
30	9,906 6993	0079	30	9,939 6815	2023
40	9,907 7072	0139	40	9,940 8838	2094
50	9,908 7211	0200	50	9,942 0932	2164
39° 0'	9,909 7411	0261	44° 0'	9,943 3096	2235
10	9,910 7672	0321	10	9,944 5331	2307
20	9,911 7993	0383	20	9,945 7638	2378
30	9,912 8376	0445	30	9,947 0016	2451
40	9,913 8821	0507	40	9,948 2467	2526
50	9,914 9328	0569	50	9,949 4991	2596
60	9,915 9897		60	9,950 7587	

λ'	LOG $\frac{\cos\lambda}{\cos\lambda'}$	DIFFÉRENCES.	λ'	LOG $\frac{\cos\lambda}{\cos\lambda'}$	DIFFÉRENCES.
45° 0′	9,950 7587		51° 0′	0,001 3719	
		0,001 2670			0,001 5647
10	9,952 0257		10	0,002 9366	
		2744			5741
20	9,953 3001		20	0,004 5107	
		2818			5834
30	9,954 5819		30	0,006 0941	
		2893			5930
40	9,955 8712		40	0,007 6871	
		2968			6025
50	9,957 1680		50	0,009 2896	
		3044			6121
46° 0′	9,958 4724		52° 0′	0,010 9017	
		3120			6218
10	9,959 7844		10	0,012 5235	
		3197			6316
20	9,961 1041		20	0,014 1551	
		3274			6415
30	9,962 4315		30	0,015 7966	
		3351			6513
40	9,963 7666		40	0,017 4479	
		3430			6614
50	9,965 1096		50	0,019 1093	
		3508			6714
47° 0′	9,966 4604		53° 0′	0,020 7807	
		3587			6815
10	9,967 8191		10	0,022 4622	
		3666			6918
20	9,969 1857		20	0,024 1540	
		3747			7021
30	9,970 5604		30	0,025 8561	
		3827			7125
40	9,971 7431		40	0,027 5686	
		3908			7229
50	9,973 3339		50	0,029 2915	
		3989			7335
48° 0′	9,974 7328		54° 0′	0,031 0250	
		4072			7441
10	9,976 1400		10	0,032 7691	
		4154			7549
20	9,977 5554		20	0,034 5240	
		4237			7657
30	9,978 9791		30	0,036 2897	
		4321			7765
40	9,980 4112		40	0,038 0662	
		4406			7876
50	9,981 8518		50	0,039 8538	
		4490			7986
49° 0′	9,983 3008		55° 0′	0,041 6524	
		4575			8098
10	9,984 7583		10	0,043 4622	
		4662			8211
20	9,986 2245		20	0,045 2833	
		4748			8324
30	9,987 6993		30	0,047 1157	
		4835			8438
40	9,989 1828		40	0,048 9595	
		4923			8555
50	9,990 6751		50	0,050 8150	
		5011			8670
50° 0′	9,992 1762		56° 0′	0,052 6820	
		5100			8789
10	9,993 6862		10	0,054 5609	
		5190			8907
20	9,995 2052		20	0,056 4516	
		5280			9026
30	9,996 7332		30	0,058 3542	
		5370			9147
40	9,998 2702		40	0,060 2689	
		5463			9269
50	9,999 8165		50	0,062 1598	
		5554			9391
60	0,001 3719		60	0,064 1349	

λ'	$\log \frac{\cos \lambda}{\cos \lambda'}$	DIFFÉRENCES.	λ'	$\log \frac{\cos \lambda}{\cos \lambda'}$	DIFFÉRENCES.
57° 0'	0,064 1349	0,000 9743	60° 0'	0,101 2737	0,001 0959
5	0,065 1092	9773	5	0,102 3696	0996
10	0,066 0865	9804	10	0,103 4092	1033
15	0,067 0669	9836	15	0,104 5725	1070
20	0,068 0505	9868	20	0,105 6795	1108
25	0,069 0373	9899	25	0,106 7903	1146
30'	0,070 0272	9931	30'	0,107 9049	1183
35	0,071 0203	9963	35	0,109 0232	1222
40	0,072 0166	9995	40	0,110 1454	1260
45	0,073 0161	0,001 0027	45	0,111 2714	1298
50	0,074 0188	0060	50	0,112 4012	1337
55	0,075 0248	0092	55	0,113 5349	1376
58° 0'	0,076 0340	0125	61° 0'	0,114 6725	1415
5	0,077 0465	0158	5	0,115 8140	1454
10	0,078 0623	0191	10	0,116 9594	1494
15	0,079 0814	0224	15	0,118 1088	1533
20	0,080 1038	0257	20	0,119 2621	1573
25	0,081 1295	0291	25	0,120 4194	1614
30'	0,082 1586	0325	30'	0,121 5808	1654
35	0,083 1911	0358	35	0,122 7462	1694
40	0,084 2269	0392	40	0,123 9156	1735
45	0,085 2661	0427	45	0,125 0891	1777
50	0,086 3088	0460	50	0,126 2668	1817
55	0,087 3548	0496	55	0,127 4485	1859
59° 0'	0,088 4044	0530	62° 0'	0,128 6344	1901
5	0,089 4574	0564	5	0,129 8245	1942
10	0,090 5138	0600	10	0,131 0187	1985
15	0,091 5738	0635	15	0,132 2172	2027
20	0,092 6373	0670	20	0,133 4199	2070
25	0,093 7043	0705	25	0,134 6269	2112
30'	0,094 7748	0742	30'	0,135 8381	2156
35	0,095 8490	0777	35	0,137 0537	2198
40	0,096 9267	0813	40	0,138 2735	2243
45	0,098 0080	0849	45	0,139 4978	2286
50	0,099 0929	0886	50	0,140 7264	2331
55	0,100 1815	0922	55	0,141 9545	2374
60	0,101 2737		60	0,143 1969	

TABLE VI.

Déviation azimutale par les doubles passages de la polaire.

$$\text{Dév. azim.} = D \times \frac{15 \text{ tang } p'}{2 \sin l}.$$

DIST. POL.	LOG $\frac{15 \text{ tang } p'}{2 \sin l}$	DIST. POL.	LOG $\frac{15 \text{ tang } p'}{2 \sin l}$	DIST. POL.	LOG $\frac{15 \text{ tang } p'}{2 \sin l}$
1°28′ 0″	9,483 1213	1°28′30″	9,485 5829	1°29′ 0″	9,488 0308
1	2035	31	6648	1	1121
2	2858	32	7466	2	1935
3	3681	33	8283	3	2748
4	4503	34	9101	4	3561
5	5325	35	9919	5	4374
6	6147	36	9,486 0736	6	5187
7	6969	37	1553	7	5999
8	7791	38	2370	8	6812
9	8612	39	3187	9	7624
10	9434	40	4004	10	8437
11	9,484 0255	41	4821	11	9249
12	1076	42	5637	12	9,489 0061
13	1897	43	6454	13	0872
14	2718	44	7270	14	1684
15	3538	45	8086	15	2495
16	4359	46	8902	16	3307
17	5179	47	9717	17	4118
18	5999	48	9,487 0533	18	4929
19	6819	49	1348	19	5740
20	7639	50	2164	20	6550
21	8459	51	2979	21	7361
22	9279	52	3794	22	8171
23	9,485 0098	53	4608	23	8981
24	0917	54	5423	24	9792
25	1736	55	6238	25	9,490 0601
26	2555	56	7052	26	1411
27	3374	57	7866	27	2221
28	4193	58	8680	28	3030
29	5011	59	9494	29	3840

DIST. POL.	LOG $\frac{15 \tan p'}{2 \sin l}$	DIST. POL.	LOG $\frac{15 \tan p'}{2 \sin l}$	DIST. POL.	LOG $\frac{15 \tan p'}{2 \sin l}$
1°29′30″	9,490 4649	1°30′0″	9,492 8855	1°30′30″	9,495 2926
31	5458	1	9659	31	3726
32	6267	2	9,493 0464	32	4526
33	7076	3	1268	33	5326
34	7884	4	2072	34	6126
35	8693	5	2876	35	6925
36	9501	6	3680	36	7725
37	9.491 0309	7	4483	37	8524
38	1117	8	5287	38	9323
39	1925	9	6090	39	9,496 0122
40	2732	10	6893	40	0921
41	3540	11	7696	41	1719
42	4347	12	8499	42	2518
43	5155	13	9302	43	3316
44	5962	14	9,494 0105	44	4114
45	6769	15	0907	45	4912
46	7575	16	1709	46	5710
47	8382	17	2512	47	6508
48	9188	18	3314	48	7306
49	9995	19	4116	49	8103
50	9.492 0801	20	4917	50	8901
51	1607	21	5719	51	9698
52	2413	22	6520	52	9.497 0495
53	3219	23	7322	53	1292
54	4024	24	8123	54	2088
55	4830	25	8924	55	2885
56	5635	26	9725	56	3681
57	6440	27	9.495 0526	57	4478
58	7245	28	1326	58	5274
59	8050	29	2126	59	6070

FIN.

RECHERCHES

SUR LA

CAUSE DES VARIATIONS BAROMÉTRIQUES,

PAR

M. ATH. PELTIER.

Even in physical science it is an arduous task to unsettle long established and deeplyrooted opinions, and that task becomes herculean when these opinions are entrenched in national feeling and associated with immortal names.

(D. Brewster, *On a new analysis of solar light, etc.*, Transac. of the roy. society of Edinburg, vol. 12, p. 124.)

(Mémoire lu à la séance du 2 novembre 1844).

INTRODUCTION.

Deux siècles se sont écoulés depuis l'invention du baromètre, et depuis deux siècles, on n'a pas cessé un instant de se servir de cet admirable instrument pour étudier l'état de l'atmosphère. Les observations qui remplissent les recueils académiques et tous les recueils scientifiques, attestent l'importance que l'on a attachée à ses indications, dans l'espoir de connaître plus intimement les changements de l'atmosphère et d'en prévoir les perturbations.

Quelle que soit l'ignorance dans laquelle on était, et dans laquelle on est encore en grande partie, des causes de ses variations, on ne pouvait se soustraire à l'idée que des oscillations, si étendues et souvent si brusques, ne tinssent à des forces cachées, d'où ressortaient les météores destructeurs. En effet, malgré l'erreur d'attribuer à ces forces une action immédiate sur la colonne de mercure; malgré l'erreur de donner au baromètre un autre rôle que celui d'une balance sensible, qui indique à chaque instant la pression de l'atmosphère, il n'en est pas moins vrai que médiatement, il indique la présence de forces nouvelles qui changent la pression; il dévoile qu'il y a des forces lentes, uniformes, qui agissent sur elle, et des forces brusques,

instantanées qui la troublent tout à coup. Il n'est donc pas surprenant que l'on ait cru pendant longtemps, que ses variations tenaient d'une manière directe, immédiate, aux secrètes influences d'où ressortaient le beau et le mauvais temps, et que l'on ait voulu faire dire au baromètre l'état futur de l'atmosphère, préjugé qui dure encore parmi le public, s'il est complétement effacé de l'esprit des savants.

En parcourant les longues séries d'observations faites dans les observatoires, en mettant en présence la marche du baromètre avec celle de la température, de l'humidité et des vents; en voyant leurs nombreuses discordances, leurs nombreuses oppositions, on ne peut se soustraire à l'idée qu'il existe une autre force, encore inconnue, qui entre pour une très-grande part dans les perturbations atmosphériques; qu'il existe une force qui agit parfois brusquement, capricieusement, et souvent aussi qui agit avec persistance pendant des semaines entières.

L'influence des brouillards fortement chargés de ce que l'on nomme *électricité positive* ou *vitrée*, fut la première indication qui nous mit sur la voie des effets de la puissance électrique sur la pression atmosphérique. Nous ne pouvions reconnaître dans la hauteur persistante du baromètre pendant le calme qui accompagne les brouillards, pendant la température qui est alors peu variable, pendant la saturation permanente de l'air, nous ne pouvions reconnaître, disons-nous, aucune des explications ni des théories actuelles comme l'expression des faits que nous observions chaque jour.

D'une autre part, en voyant l'abaissement prodigieux du baromètre, sous l'empire des vapeurs fortement chargées de l'électricité dite *négative* ou *résineuse*, quels que soient aussi la température, la force, la direction des vents et le degré de l'humidité, nous n'avons pu nous soustraire à la pensée qu'on avait trop négligé la puissance de l'élec-

tricité coercée dans des vapeurs atmosphériques, éprouvant de nombreuses altérations, suivant l'heure, les saisons et les divers accidents météorologiques.

Pendant le long espace de temps qui s'est écoulé depuis l'origine de mes premières recherches sur la corrélation des actions électriques et de la pression atmosphérique, j'ai dû continuer celles que je poursuivais depuis longtemps sur la nature même de *l'électricité*, sur sa distribution et sur ses influences : j'ai dû continuer celles qui concernent les rapports qui existent entre la matière pondérable et la coercition de cette force; étudier quel était le rôle du globe terrestre par rapport à l'espace, et quelle était son influence sur les vapeurs qui s'élèvent à chaque instant de sa surface, chargées de la même électricité que lui, de celle que l'on nomme *négative* ou *résineuse*.

C'est à la suite de ces recherches que j'ai publié divers mémoires et que j'ai fait un assez grand nombre de communications aux sociétés savantes [1]. C'est à cette époque aussi que j'ai senti le besoin de coordonner mes observations, en résumant mes idées sur la cause des phénomènes électriques dans un travail intitulé :

Essai de coordination des causes qui précèdent, produisent et accompagnent les phénomènes électriques, travail que j'ai présenté le 6 avril 1844 à l'académie royale de Bruxelles, et qu'elle a bien voulu accueillir, pour être inséré dans son recueil des savants étrangers.

Dans le présent mémoire sur les oscillations barométriques, nous prendrons le phénomène électrique, tel qu'il est encore admis dans la science; il est de l'intérêt de ce travail d'en écarter tout ce qui pourrait en voiler l'intelligence. Nous nous servirons donc des termes

[1] Voyez mon *Mémoire sur la cause des phénomènes électriques de l'atmosphère*, Ann. ch. phys., 3e série, t. IV, p. 385, et celui *Sur les divers espèces de brouillards*, Mém. acad. r. de Bruxelles, t. XV, et Ann. ch. phys., t. VI, p. 129, et les *Comptes rendus de l'Acad. sc. de Paris*.

usuels de *résineux* et de *vitré*, ou de *négatif* et de *positif*, sans mettre d'autre valeur à ces mots que la désignation spéciale donnée à chacun des deux états électriques qui se manifestent aux yeux par des différences incontestables. Nous préférons les mots *résineux* et *vitré* comme les plus insignifiants, et comme étant les plus éloignés de préjuger la question fondamentale du phénomène, résultant d'une plus grande ou d'une plus faible intensité dans la cause; tandis que les mots *positif* et *négatif* décident de prime abord ce qui est en question.

RECHERCHES

SUR LA

CAUSE DES VARIATIONS BAROMÉTRIQUES.

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA DIVERSITÉ DES PRESSIONS ATMOSPHÉRIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

DE L'OPINION DES AUTEURS SUR LES VARIATIONS DU BAROMÈTRE.

1. Lorsque la découverte que fit Toricelli en 1643 fut comprise ; lorsqu'on sut que la colonne de mercure, restée suspendue dans le tube fermé, faisait équilibre au poids de l'atmosphère, on a dû penser que la longueur de cette colonne serait à peu près invariable et que la gravité de toute la hauteur atmosphérique ne pourrait avoir que des variations trop faibles pour être appréciables à cette balance nouvelle. A priori, cette déduction devait paraître rigoureuse, et les premières différences observées durent être attribuées au défaut de l'instrument ou au défaut de l'observation. Si la découverte de Toricelli eût été faite sous l'équateur, où la variation du baromètre est

réduite à deux ou trois millimètres, cette déduction eût été rangée parmi les vérités incontestables; on l'eût formulée en loi, et l'on aurait cherché quelle circonstance particulière naît et croît hors des régions tropicales, pour rendre compte des changements qu'on aurait observés dans ces régions [1].

2. Dans les contrées tempérées, cette première croyance ne pouvait avoir de durée; les nombreuses perturbations qui se succèdent dans le courant d'une année et l'étendue des oscillations de la colonne barométrique, ne permirent pas de regarder comme invariable la pression de l'atmosphère. Aussi Pascal [2], qui comprit sur-le-champ l'importance de cet instrument et des nombreuses applications dont il serait l'objet, aperçut-il de bonne heure l'inégale hauteur de la colonne de mercure, et conséquemment l'inégale pression de l'atmosphère. Cette inégalité de pression, ne pouvant être mise en doute, fut un sujet qui excita la curiosité publique et les recherches des physiciens. Et en effet, quelle pouvait être la cause de différences aussi considérables, et comment pouvaient-elles aller jusqu'à plus d'un trentième en deçà et au delà de la hauteur moyenne?

3. Lorsqu'un fait nouveau paraît et qu'il ne s'allie à aucun de ceux qui nous sont connus, le plus sage serait d'en suspendre l'explication, jusqu'à ce que des observations nouvelles et des expériences appropriées nous aient mis sur la voie de la vérité, ou au moins de l'analogie, en liant les faits anciens au fait nouveau qui se trouve isolé. L'impatience de notre esprit et le besoin d'un lien qui soulage promptement notre mémoire, en rapprochant les phénomènes, ne

[1] L'expérience de Toricelli en a provoqué une autre qui représente les variations dans la pesanteur de l'air, comme le baromètre démontre les variations dans la pesanteur totale de l'atmosphère. Boyle fit connaître en 1666 (*Trans. Phil.*, n° 14), ce nouvel instrument, qu'il nomma *baromètre statique*, et que depuis on appela *manomètre*. Cet instrument n'est en réalité que l'expérience de Galilée, rendue permanente en laissant le ballon de verre mince, suspendu au fléau d'une balance. Le baromètre et le manomètre marchent souvent ensemble; cependant, d'après les observations de M. Roosbroeck, il n'est pas rare de leur voir une marche opposée. (*Réponse sur la question*, *etc.*, Rotterdam, 1836, in-4°.)

[2] *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse d'air*, pages 150 et suiv.

nous permettent pas d'attendre le résultat du temps; on crée les causes, si on ne les découvre pas, et les hypothèses se multiplient : c'est ce qui arriva lors de la découverte des oscillations barométriques. Les progrès ultérieurs de la science en diminuèrent le nombre, et il ne resta bientôt plus que celles qui prenaient, pour bases, des phénomènes concomitans, auxquels on attribuait cette puissance d'action; c'étaient ceux qui provenaient des changements de la température, de la direction des vents et de la présence des vapeurs.

4. Les premières hypothèses qui firent entrer les vapeurs dans l'explication des différentes pressions atmosphériques, les considéraient comme une cause d'accroissement de poids : ce fut l'idée émise par Pascal, idée qui fut adoptée par un grand nombre de physiciens du temps [1]; on ne pouvait concevoir que l'addition d'une substance pût rendre l'atmosphère plus légère. Newton avait cependant dit qu'une atmosphère humide est plus légère qu'une atmosphère sèche à *quantités égales* [2] : mais cette vérité eut le sort de toutes les vérités qui devancent leur époque; elle passa inaperçue, et l'on continua longtemps encore à considérer la présence des vapeurs comme une cause de pesanteur.

5. Cette erreur n'était cependant pas heureuse, car le plus souvent l'observation y venait placer son *veto* : on voyait presque toujours le baromètre descendre lorsque l'atmosphère contenait des vapeurs, mais comme on le voyait aussi monter pendant les plus forts brouillards, on persista longtemps dans cette hypothèse. Ce ne fut que plus d'un siècle après l'invention du baromètre [3], lorsque la physique eut acquis assez de faits et de précision dans les procédés, qu'on reconnut que les *vapeurs élastiques* étaient plus légères que l'air, et que, se dispersant par diffusion comme les gaz [4], elles rendaient l'air moins pe-

[1] Béal., *Phil. Tr.*, n° 9, en 1666. Wallis, *id.*, n° 10. Garcin, *Journal Helvétique*, 1734 et 1735.

[2] Newton, vers la fin du 3e livre de son *Traité d'optique*, p. 567 de la traduction de Coste, 1720.

[3] *Recherches sur les modifications de l'atmosphère de De Luc*, § 112 et suivants, où l'on trouve tous les renseignements sur les travaux de ceux qui l'ont précédé.

[4] Dalton, *Manchester's Mem.*, vol. I, new series. Graham, *Trans. of the Roy. Soc.* Edinburgh, vol. XII, p. 222. Berthollet, *Statique chimique*. Volta, Vassali, *Mém. Soc. Méd. d'émul.*, 3me année.

sant sous une pression et un volume donnés, en déplaçant une quantité de ce gaz proportionnelle à son propre volume.

6. Depuis que cette vérité fut constatée, les explications ont moins erré; elles se sont renfermées dans l'application du principe de la plus grande légèreté de la vapeur et de l'air chaud, et Ramond, ayant coordonné avec habileté tout ce qui pouvait soutenir cette hypothèse, l'a fait régner à peu près sans rivale, depuis la publication de ses mémoires sur les variations du baromètre [1]. « La température d'abord, dit-il (page 100), et ensuite l'humidité, voilà les deux causes qui expliquent les variations du baromètre dans toute leur étendue et jusque dans leurs moindres détails; mais avec cette différence, que la première est à tel point prépondérante, qu'elle rend raison à elle seule de toutes les variations majeures, et qu'il n'y a besoin de recourir à la seconde que pour les modifications subalternes du phénomène principal. »

7. Pour que l'air échauffé, ou celui chargé de vapeur pressât moins sur le baromètre, il fallait supposer que la colonne verticale de l'atmosphère devenue plus légère, gardait sa hauteur première malgré la pression plus grande des régions voisines; il fallait supposer qu'un fluide aussi élastique, aussi mobile que l'air, ne prendrait pas son équilibre de pesanteur aussi rapidement que s'opèrerait le changement de température; c'est ce que fit Ramond. Il fallait même considérer cette colonne d'air allégée, comme étant renfermée entre des parois résistantes et ne laissant pas d'autre alternative à la colonne échauffée qu'une ascension verticale; c'est ce qu'on fit encore [2] pour le besoin de la cause, si ce n'est en termes positifs, ce fut du moins dans les conclusions qu'on en tira. Sans doute, lorsque la chaleur

[1] *Mémoires sur la formule barométrique, etc.*, Clermont-Ferrand, 1811, in-4°. *Extraits des Mémoires de la classe des sc. math. et phys.* Voyez aussi les idées émises par Leslie, dans le suppl. à l'*Encycl. Brit.*, art. *Météorologie*, et celles de Daniell dans sa *Météorologie*, pages 19 et suivantes. Laplace admettant les idées de Ramond, dit, en parlant des oscillations horaires (*Essai philosophique sur les probabilités*, p. 49), « la période de la variation étant d'un jour solaire, sa cause est » évidemment la chaleur que le soleil communique aux diverses parties de l'atmosphère. »

[2] *Mémoire cité*, pages 99 et suivantes. Leibnitz avait déjà dit que les vents ascendants allégent la pression. *Opera omn.*, 1768, in-4°, t. II, 2me partie, page 80.

dilate une portion de l'atmosphère, cette portion s'élève et elle est remplacée par l'air plus dense des plages voisines; sans doute, pendant ce mouvement ascensionnel la pesanteur est diminuée de quelque peu et en raison de la vitesse de ce mouvement; lors donc que le baromètre descend beaucoup, cela supposerait un courant ascendant considérable qui serait nécessairement remplacé par des courants horizontaux proportionnels, c'est-à-dire, que pendant la chute du baromètre, le vent se ferait sentir avec force de la circonférence au centre de cette colonne.

8. Il est fâcheux pour cette hypothèse si simple et si commode, qu'elle se trouve le plus souvent en opposition avec l'état de l'atmosphère; car, dans la plupart des cas, l'atmosphère est d'un calme plat pendant la chute du baromètre, et lorsque le vent et les bourrasques surviennent, le baromètre à cet instant commence sa rétrogradation ascensionnelle. Ajoutons encore que Ramond indique lui-même (p. 6, 1er mémoire) l'heure de midi, comme celle qui est la plus propice aux observations hypsométriques, comme le moment qui donne le résultat le plus approché de ceux de la triangulation. Comment se ferait-il donc que ce fût cette heure qui répondît le mieux à l'état neutre? que ce serait au moment où le soleil darde ses rayons les plus verticaux, lorsque la température s'élève avec le plus de rapidité, lorsque les courants doivent s'établir avec le plus de force, que se trouve l'état neutre? cela ne peut être, et si cette heure est plus propice, c'est par des raisons que nous étudierons plus bas.

9. Dans les climats tempérés, c'est dans les mois de novembre, décembre et janvier, lorsque l'atmosphère est la plus régulièrement froide, que les écarts du baromètre sont les plus grands. Dans l'été, le baromètre descend parfois beaucoup pendant une haute température et un calme plat, mais rarement autant qu'on le voit descendre dans les mois de novembre, de décembre et janvier, époques d'une basse température et d'une moindre pression par les vapeurs.

Il en est de la vapeur comme de l'air chaud, une diminution de pression par un mouvement ascensionnel ne pourrait se produire que

dans la supposition d'un calme plat : dans l'état ordinaire, lorsque par l'agitation et la translation les couches d'air se déplacent horizontalement, aucune diminution de pression ne pourrait avoir lieu. Nous pourrions citer une foule d'exemples, mais nous nous restreindrons aux suivants :

Du 9 au 15 janvier 1842, le temps à Paris fut tempêtueux; le baromètre descendit jusqu'à 728^{mm},11 ; dans la journée du 14 il baissa de 12^{mm},67 en 10 heures, la température étant à peu près constante et pendant un vent violent et des rafales brusques qui déracinèrent plusieurs arbres [1].

Les 12, 13 et 14 janvier 1843, Paris éprouva des tempêtes tout à fait polaires; les nues grises descendirent jusqu'au milieu des rues et donnaient des signes d'une puissante tension *résineuse* que mes instruments ne pouvaient plus mesurer. Le thermomètre monta de 3°,1 à 6°,7 le 14; au milieu de ces nues et pendant leur condensation, le baromètre avait l'inconstance que M. Martins et d'autres savants observèrent au Spitzberg. Il descendit le 12 à 728^{mm},1 puis il remonta. Le 14 entre 3^{h} 30′ et 4 h. du soir, il baissa de 2 millimètres; de 9 h. du matin à 7 h. du soir, il baissa de 12^{mm},67 et atteignit 729^{mm},79. Le sympiézomètre était dans une agitation continuelle, et indiquait des diminutions de pression de 5 à 8 de ses divisions, 2 ou 3 secondes avant les rafales.

Le 16 février suivant, le baromètre descendit à 732^{mm} par un vent très-faible du NE. et sous une température de +1°,2.

Le 28 du même mois son abaissement prodigieux se fit sentir dans toute l'Europe; à Paris il atteignit 727^{mm},94, vent faible NNO., temps couvert, température +6°,8.

10. Voici des exemples de l'ascension du baromètre pendant une grande élévation de température :

[1] La moyenne à l'observatoire, dans la salle du premier, est de 756^{mm},0. A Bolton-le-Moors, la moyenne barométrique est de 750^{mm},9, le baromètre descendit le 13 janvier 1843, à midi, à 704^{mm},075, sous une température de 2°,6 vent du SO. médiocre et tel qu'il était depuis plusieurs jours. *Phil. Magaz.*, 1843, fév., vol. XXII, pag. 158.

Le 6 février 1842, la température était descendue à $+4°,5$ vers $7^h 30'$ du matin, et le 8 à 5^h du soir le thermomètre était monté jusqu'à $+16°$. Le 9, le 10, le 11 et le 12, la température se maintint élevée, et dépassa plusieurs fois 16 degrés, le vent n'avait pas cessé d'être du S. et cependant le baromètre qui, le 7 à 5 h. du soir, était à 755^{mm}, monta continuellement, et le 12 à midi il était à $766^{mm},7$. Voilà une élévation de près de 12 millimètres, qui s'opéra pendant un vent du S. et pendant une élévation de température de $+4°,5$ à $+16$ et même 17 degrés [1].

Pendant l'orage du 18 juillet 1841, à Genève et dans les cantons voisins, le baromètre monta en peu d'heures de 4 à 11 millimètres, suivant les localités; pendant cette ascension la température s'élevait dans une proportion encore plus grande [2].

11. Enfin, voici des exemples de grandes dépressions pendant une température à peu près constante :

Du 22 au 24 décembre 1821, le baromètre tomba à Toulouse de 30 millimètres; pendant ces deux jours le thermomètre resta à $+6$ et 8 degrés, et ce ne fut que le dernier jour qu'il monta de 1 ou 2 degrés. L'hygromètre au contraire, rétrograda de 17° vers la sécheresse [3]. M. Redfield cite l'abaissement du baromètre à New-York du 16 février 1838; il descendit à $739^{mm},9$ pendant un froid de -5 et 6° [4]. J. Prinsep dit que pendant la tempête de 21 mai 1833 à Sangor, le baromètre baissa de $738^{mm},9$ à 668^{mm}, tandis que le thermomètre ne varia que de $26°,6$ à $26°1$ [5]; voilà une dépression de $70^{mm},865$ par une température constante et sous une latitude (21°) où les perturbations accidentelles sont en moyenne de 9 millimètres. A Calcutta la dépression ne fut que de 19 millimètres, et Balasore n'en ressentit rien. MM. De Buch et De Humboldt ont observé aussi une dépression

[1] Extrait de mon registre d'observations.
[2] M. Wartmann, *Bull. Acad. roy.* Bruxelles, in-8°, 318.
[3] Marqué-Victor, *Mém. Acad.* Toulouse, I, 109.
[4] *Américan Jour.*, 38, 324.
[5] *Journ. of Asiat. Soc. of Bengal.* 1833, tom. II, 427.

de 22 à 23 millimètres, sous un ciel serein, au milieu des Alpes, sans le moindre vent, sans le plus petit nuage. M. De Buch ajoute, que ni le thermomètre, ni l'eudiomètre, ni l'hygromètre, ni l'électromètre, n'avaient fait soupçonner quelque chose de particulier [1]. A Copenhague l'oscillation mensuelle du thermomètre est à peu près égale pour tous les mois, elle est d'environ 15°. Cependant, les oscillations accidentelles du baromètre sont en moyenne de 70^{mm} en février et de 90^{mm} en juillet.

Enfin, j'ajouterai le tableau de la grande dépression barométrique qui eut lieu le 2 février 1823, sur toute la France et quelques pays voisins, pendant un calme ou un vent à peine sensible.

LOCALITÉS.	LATITUDE.	LONGITUDE de Paris.	ALTITUDE en mètres.	PRESSION moyenne à zéro.	MINIMA du 2 février à zéro	HEURES des minima.	OBSERVATEURS et OBSERVATIONS DIVERSES.
Toulouse	43°35′40″	0°53′47″ O.	147	»	714^{mm}	3 h. mat.	Température extérieure 8°46.
La Chapelle, près de Dieppe.	»	»	»	»	714,73	4 h. 30′ m.	Nelle de Bréauté, temp. ext. 5°,5 ; vent faible du S. par instant; nuages peu épais.
Avignon	43°57′	2°28′ E.	17	762	723,25	9 h. 30′ m.	Guerin-D'Arguon, temp. ext. 9°; vent méd. SSE.
Alais.	44°8′	1°22′ E.	»	»	715,0	10 h. 15′ m.	D'Hombres-Firmas.
Viviers	47°29′14″	2°20′45″ E.	57	755,47	720,0	10 h. 40′ m.	Flaugergues, temp. ext. 5°,6; le soir 8°,6.
Joyeuse.	44°26′	0°55′ E.	»	»	»	12 h.	34^{mm} de pluie dans la matinée; à midi la pluie cessa, le vent modéré du NO. passa au SO. et s'affaiblit.
Paris	48°50′13″	O.	65	756,61	722,35	12 h.	Arago, vent ESE.; trouble et nuageux; temp. ext. 8°,9; les temp. extr. 3, 8 et 9, S.; hygr. 89 à 9 h. matin et soir; hygr. 99.
Soleure.	47°12′32″	5°12′21″ E.	»	»	»	1 h. soir.	
Berne	46°47′	5° 6′ E.	573,4	716,49	680,65	de 1 h. à 4 s.	Calme; ciel brumeux; vent ESE. qui passa successivement au NE., au N. Au soir il était au NNO.
Strasbourg.	48°34′57″	5°24′54″ E.	146	750,68	715,47	2 h. s.	Herrenschneider, calme; ciel nuageux; éclaircies.
Genève	46°12′	3°49′ E.	407	730	692,60	3 h. 30′ s.	Gauthier, calme; sans pluie; temp ext. 5°2.
St-Gall	47°25′39″	7° 2′18″ E.	»	702,74	670,80	3 h. 30′ s.	Calme; ciel brumeux; quelques coups de vent dans la nuit suivante.
Lausanne	46°31′	4°18′ E.	507	»	»	»	
Hospice du St-Bernard . .	45°50′16″	4°44′30″ E.	2491	562,05	554,52	4 h. 30′ s.	Brouillard; vent SO. assez fort pendant l'après-midi; temp. ext. 8°.
Gênes	44°24′18″	6°34′ E.	114	»	»	Le soir.	Éclairs brillants; le 3, mer furieuse pendant le calme.
Livourne	43°32′41″	7°57′25″ E.	»	»	»	»	Dans la nuit du 3 au 4, forts coups de tonnerre.
Édimbourg.	55°57′20″	5°31′ 7″ O.	88	746,20	»	»	Les 2, 3 et 4 février, il tomba plus de 2 mètres de neige; rafales du SE.

[1] *Journ. Phys.* 1799, t. XLIX, p. 87.

Dans toutes ces contrées la température fut à peu près stationnaire et le calme presque complet [1].

12. Pour peu que l'on suive les perturbations barométriques, pendant l'automne et l'hiver, on remarque des élévations et des abaissements à toutes les heures, par tous les vents, à toutes les températures et par tous les aspects du ciel. Il y a des vents qui coïncident, il est vrai, plus souvent que d'autres avec l'élévation ou l'abaissement du mercure; tels sont les vents du N. ou ceux du S.; le baromètre descend aussi plus souvent pendant les chaleurs, et il remonte plus ordinairement pendant les froids prolongés; mais l'effet contraire a souvent lieu, il prouve que la température peut être une des constituantes, ou seulement coexistante et non la cause la plus importante comme le pensait Ramond, et nous verrons dans la seconde partie, pourquoi la direction des vents joue un rôle dans les variations du baromètre. Du reste, l'inspection du tableau suivant convaincra mieux que tout ce que nous pourrions dire de l'erreur de ceux qui attribuent au vent une influence capable de produire des perturbations aussi étendues que celles qu'on observe.

La sixième ligne donne la hauteur moyenne de la localité; il faut ajouter ou retrancher à cette hauteur le nombre indiqué à chaque vent.

[1] Voy. les tom. XXII, XXIII et XXIV, 1823, de la *Bibl. univ. de Genève.*

Tableau de la hauteur du Baromètre, d'après les vents.

LIEUX.	St-PÉTrs.	STOCKm.	MOSCOU.	COPENHe.	APENRADE	HAMBrs.	BERLIN.	MIDDELBs.	MINDEN.	LONDRES.	HALLE.	METZ.	PARIS.	VIENNE	BUDE.	MARSEILe.
Latitude. .	59°57'	59°21'	55°46'	55°41'	55°03'	53°33'	52°31'	51°30'	52°23'	51°30'	51°29'	49°7'	48°50'13"	48°13'	47°30'	43°17'50"
Longitude.	27°59' E	16°1' E.	35°13' E.	10°14' E.	7°6'25" E.	7°39' E.	11°02' E.	1°17' E.	6°48' E.	2°20' O.	9°37'30" E.	3°9' E.	0°0'	14°3' E.	16°42'36" E.	3°2' E.
Altitude. .	5m8	0	150 mètres.	0	11 mètres.	0	39 mètres.	»	»	28 mètres.	111 mètres.	236 mètres.	Obs. 65m Pont-Tournelle 26m10	133 mètres.	107 mètres.	46m60
Moyennes.	758mm26	756mm177	742mm191	761mm996	758mm298	757mm733	756mm019	758mm455	757mm936	757mm576	755mm29	»	756mm426	747mm716	745mm27	757mm34
N.	mm −2,82	mm +1 756	+0,879	+2,527	+0,012	+1,128	+2,662	+4,150	+2,211	+1,624	+2,52	+2,4	+5,555	+2,189	+0,75	»
N. E.	+1,56	+2,415	+2,864	+5,156	+2,255	+2,051	+5,558	+5,270	+2,456	+5,154	+2,71	+2,1	+5,465	+1,422	+1,81	»
E.	+1,59	+1,128	+1,714	+1,692	+1,257	+0,905	+2,722	+5,067	+1,896	+1,555	+1,22	+1,0	+0,619	−1,959	−0,02	+0,2
S. E.	+1,84	−1,444	−0,451	−2,594	+2,252	+0,677	−1,551	−1,466	−1,445	−0,745	−1,15	−0,8	−1,827	+0,587	+2,55	+0,5
S.	−0,49	−2,279	−1,557	−2,458	−4,287	−2,256	−4,695	−5,166	−5,271	−5,204	−2,19	−2,4	−5,450	+0,025	−1,59	0,0
S. O.	−0,51	−2,055	−1,850	−2,886	−2,254	−2,955	−5,452	−4,061	−2,661	−2,524	−1,90	−2,1	−4,044	−1,826	−2,75	+0,7
O.	−0,92	−0,155	−1,128	−0,925	+0,202	−0,902	−0,022	−0,585	−1,555	−0,294	−1,08	−0,6	−0,545	−1,871	−1,56	−0,5
N. O.	−2,71	+0,585	−0,429	+1,489	+0,676	+0,677	+0,602	+0,586	+2,211	+0,451	+0,95	+0,5	+2,244	+1,445	+0,48	−0,9
Calme.	+2,65	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)

(1) Kuppfer, *Obs. météor.*, MÉM. AC. SC. St-PÉTERSBOURG. *Bibl. univ. Genève*, 1839, no 41, p. 176.
(2) Nicander, *Ephém*, Manh., 1784-92.
(3) Perewotschikoff et Hansteen, Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 59.
(4) Schouw., *Climatologie*, t. I, p. 88.
(5) Neuber, *Collectanea meteor.*, etc. Copenhague, 1829, et Schouw., p. 91.
(6) Buck, *Climat de Hambourg*, p. 69.
(7) Beguelin, *Ann. Pogg.*, 11, et de Buch., t. I.
(8) De Perre, *Acad. Berlin*, 1818-19, p. 107.
(9) Hoffmann, *Ann. Poggend*, t. I.
(10) *Phil. Trans.*, de 1776-81 et de 1787-89.
(11) Kœmtz, *Météor.*, trad. fr., 288.
(12) Schuster, *Annuaire* de 1836, 276. Notice de M. Arago.
(13) Bouvard, *Mém. ac. sc.* 1827; altitude du 1er étage de l'observatoire 65 mèt.; altitude de l'échelle du pont de la Tournelle 26m10 par M. Puissant. Archives géologiques du département de la guerre.
(14) Baumgartner's *Naturalehre*, § 348, p. 715.
(15) Kœmtz, *Abrég. Mét.*, trad. fr., 288. Humboldt, *As. cent.*, t. III, p. 61, Weiss et de Buch, de 1782-86.
(16) Gambart, *Annuaire* de 1836. Notice de M. Arago, 276.

Voyez aussi pour le tout, le *Grand traité de météorologie* de M. Kœmtz, II, 314.

En nov. 1842, le baromètre varia à Bruxelles de 733,81 à 772,42 avec un vent du S.-O.; dans les deux cas, la température ne varia que de 4° à 2°,5. *Ann. obs. Brux.*, Quetelet.

M. Frédéric d'Ehreinheim donne, dans le tableau suivant [1], la marche du baromètre, sous l'influence des vents, à deux époques éloignées l'une de l'autre.

De 1739 à 1757, le nombre des *maxima* pendant les		Le nombre des *minima* a été de	De 1796 à 1802, le nombre des *maxima* a été de	Celui des *minima* a été de
Vents du N. a été de	27	13	9	8
» NE. »	39	15	4	4
» E. »	8	5	7	2
» SE. »	13	22	10	8
» S. »	13	32	11	12
» SO. »	34	81	20	32
» O. »	24	24	12	10
» NO. »	43	20	11	7
Calme	12	2	»	»

En comparant les observations de ces deux époques, on voit qu'il y a une grande différence dans les résultats qu'on suppose dus à la direction des vents.

13. « Ainsi, dit M. Arago [2], tandis qu'à Paris le vent du SO., maintient le baromètre notablement au-dessous de la moyenne, à Marseille, son influence est positive; d'autre part, le vent du NO., qui fait notablement monter le baromètre à Paris, est celui qui produit le *maximum* d'abaissement à Marseille. » On voit en outre dans l'avant-dernier tableau que : « à Saint-Pétersbourg, la direction des vents n'a aucune influence sur la hauteur barométrique moyenne; le *maximum* a lieu pendant le calme, et tous les vents, de quelques côtés qu'ils soufflent, dépriment le baromètre [3]. » On voit aussi qu'à

[1] *Mémoire de la société royale d'Upsal*, pag. 304. Longitude 35°30'. Latitude 59°50',20.

[2] *Annuaire de* 1836, p. 277.

[3] Kupffer, *Observat. météor.* faites à l'acad. sc. de Saint-Pétersbourg, de 1822 à 1835, par M. Wisniewsky.

Bade le *maximum* de pression est pendant le SE., tandis qu'à Vienne et à Meiddelbourg, c'est pendant le vent du N. Le *minimum* est atteint à Saint-Pétersbourg pendant le vent du NO., et nous voyons qu'à Vienne c'est pendant le vent d'E. En 1824, sur la côte Est de l'Écosse, au château de Kinfauns, le *maximum* a été atteint pendant un vent d'O. et le *minimum* pendant un vent d'E. [1]. A Bossekop (Norwége 69°58′ lat.), ce sont les vents de terre secs et froids de l'E., du SE. et du S. qui dépriment le baromètre, tandis que les vents humides de mer et pluvieux du NE., du N., NO. et O., le relèvent et le maintiennent élevé [2]. On trouve une marche analogue à la Nouvelle-Archangel d'après Wrangel [3], et une autre de même nature à l'embouchure de la Plata.

Enfin, en prenant le plus grand écart qui a lieu à Berlin, on ne trouve que 8^{mm}, tandis que l'amplitude moyenne de décembre est de 33^{mm},84, plus de quatre fois ce que donnent les vents. Si nous comparons les écarts moyens à Saint-Pétersbourg, on voit que les vents donnent 5^{mm},53, et l'on trouve dans les moyennes accidentelles de cette ville 45^{mm},5 pour le mois de février. Dans ces comparaisons il ne s'agit encore que des moyennes mensuelles, car si nous tenions compte des écarts entre les *maxima* et les *minima* absolus, nous en trouverions pour Saint-Pétersbourg qui ont été au delà de 80^{mm}.

Il faut donc renoncer à trouver dans la direction du vent la cause des grandes perturbations barométriques, à moins d'y ajouter la cause réelle et immédiate, dont nous parlerons plus bas, et dont les vents ne sont que le véhicule.

14. Les faits contraires à la théorie des vents ascendants se présentent bien plus fréquemment encore, en s'approchant des hautes latitudes. « Le baromètre, dit M. Martins, est au Spitzberg dans un mouvement perpétuel, et sa marche est si rapide, ses oscillations sont

[1] *Edinb. Phil. Jour.*, tom. XII, 408, 1825.

[2] La commission scientifique française envoyée dans le Nord, voy. *Kœmtz*, trad. de M. Martins, p. 289.

[3] Dove, *Schumacher's Jahrbuch für* 1841, p. 311.

si fréquentes, que le temps d'inscrire une observation suffit souvent pour retrouver la colonne de mercure un millimètre plus haut ou plus bas. Des observations correspondantes, faites quelques degrés plus au Sud, montrent que les oscillations y ont moins d'amplitude qu'au Spitzberg [1]. » Ainsi, c'est dans les climats polaires, où règne la plus basse température, que la mobilité du baromètre est la plus grande, et cette mobilité est telle, qu'il faudrait que la température changeât subitement, en une minute, dans une masse d'air considérable, et que de vastes courants ascendants ou descendants s'établissent instantanément, pour rendre raison de ces oscillations; il faudrait que ces courants s'arrêtassent tout à coup, pour reprendre une route opposée, s'arrêter encore pour remonter de nouveau, et ainsi de suite, avec une promptitude qui n'appartient pas au déplacement des couches d'air. Il faudrait aussi que ces courants si puissants, se limitassent souvent dans un cercle fort restreint, comme les navigateurs baleiniers l'ont observé tant de fois, en voyant leurs conserves à quelques milles dans une grande agitation, tandis qu'ils étaient dans un calme plat. Non-seulement les vents ne précèdent pas l'abaissement du baromètre, mais le plus souvent ils soufflent de tous les rumbs pendant les tempêtes qui suivent ces grandes dépressions atmosphériques. Des faits de cette nature sont contraires à toutes les hypothèses qui s'appuient sur des courants verticaux, les vents et sur la température [2].

15. Dans la zone équatoriale, les températures extrêmes sont peu éloignées les unes des autres; elles ne varient que d'un petit nombre de degrés. A Cumana, par exemple, la température moyenne est d'environ 27°,6; la moyenne du mois le plus froid est de 26°,2 c. et celle

[1] Communication verbale de M. Martins; voyez aussi la relation des voyages de W. Scoresby *junior*.

[2] Beaucoup d'auteurs rejettent cette hypothèse, parce qu'ils ont vu comme nous, qu'il n'y a aucune corrélation entre l'abaissement du baromètre et ces prétendus vents ascendants, que ni M. Pictet, ni M. d'Angos, etc., etc., n'ont pu constater (voyez *Journ. Phys.*, 1811, 73, pag. 149). Pendant notre séjour sur le Faulhorn en 1842, nous n'avons jamais pu ressentir de vents ascendants pendant la descente du baromètre, vents qu'il eût été facile de constater par la marche des nues parasites ou des corps légers que nous abandonnions.

du mois le plus chaud de 29°,1 c. [1]. Dans des contrées aussi constamment échauffées, la dilatation des vents polaires qui affluent, est permanente, et l'ascension peut s'établir et durer, non pour aller déverser leur masse d'air au-dessus d'une surface supposée, mais pour se répandre dans les régions moyennes de l'atmosphère. Poussées constamment *à tergo* par l'immense quantité de vapeurs formées chaque jour, et par l'air dilaté qui l'accompagne, les couches ascendantes de l'atmosphère entre les tropiques, ne peuvent prendre un équilibre stable. Lorsqu'elles se sont élevées dans des régions plus froides et plus raréfiées, elles perdent une portion de leur calorique libre, et le reste devient calorique latent par leur dilatation. Arrivées dans des couches d'air aussi raréfiées qu'elles, ces masses d'air et de vapeurs ne peuvent s'élever contre leur propre poids; elles ne peuvent s'écouler que latéralement vers les zones tempérées et polaires [2].

16. Par suite de cette ascension de l'atmosphère tropicale, la couche inférieure des zones tempérées, moins pressée vers l'équateur que vers les pôles, remplace aussitôt le vide partiel que laisse le courant ascendant; le vent alizé qui en résulte, diminuant la pression de l'atmosphère des régions tempérées, devient une première cause de l'abaissement des couches supérieures; mais la cause qui est d'abord la plus puissante, c'est leur refroidissement et la condensation des vapeurs. La portion la plus basse de ce courant se confond peu à peu avec l'atmosphère inférieure et rétrograde avec elle vers l'équateur.

En s'avançant vers les pôles, l'aire vers laquelle convergent tous les courants tropicaux, diminuant comme le produit d'un grand cercle par la différence des sinus des latitudes extrêmes, est une grande et puissante cause de la condensation des vapeurs, de l'abaissement et de la terminaison de ce courant.

[1] Humboldt, *Voyage aux Rég. équin.*, livr. X, chap. XXVIII.

[2] Halley, *Tr. Ph.*, n° 182; Hadley, idem, 1735, pag. 58; Franklin, *des Météores;* d'Alembert; Romme, *Tableau des vents;* Dunbar, *Trans. Amér. Phil.*, 6; Lartigue, *Exposition du système des vents;* H.-W. Dove; Bert, *Rapport de l'assoc. Britann.*, 1837, vol. 6, notice, page 34. Voyez un effet semblable dans la fumée d'un feu de bruyères, dans les *Ann. of Philos.*, 1817, tom. X, pag. 16.

17. Dans les climats tempérés et froids, les effets d'ascension seraient nécessairement de courte durée; ils cesseraient lorsque la température baisse au coucher du soleil, et ne pourraient avoir lieu qu'au milieu d'un calme général; cette cause faible, locale, temporaire, ne pourrait rendre compte des grandes dépressions de l'automne et de l'hiver, à l'époque où la température change peu; elle ne pourrait rendre compte de l'abaissement régulier du baromètre durant huit et quinze jours dans de vastes contrées, pendant lesquels s'opèrent souvent de grands changements dans la température.

Cet effet d'ascension, de déversement, d'abaissement successif et du retour de l'air, ne s'effectue pas comme le ferait un gaz sortant d'un récipient; il s'exécute partout où la température s'accroît, s'arrête ou s'abaisse. Dans les basses latitudes, la température y étant plus haute, les vapeurs s'élèvent davantage avant de trouver la couche où leur pesanteur spécifique puisse y être en équilibre. Il en résulte que le vent inférieur des alizés, comme l'a très-bien remarqué M. Basil-Hall [1], très-vif sur les limites polaires, décroît peu à peu en s'avançant vers l'équateur, et ce n'est que la plus faible quantité qui arrive jusque sous l'influence perpendiculaire du soleil, où règnent les calmes plats dans un espace de plusieurs degrés entre les deux alizés.

18. Nous avons dit que Ramond (§ 6) considérait l'influence de la température bien supérieure à celle des vapeurs, et qu'il ne regardait ces dernières que comme un complément local et non comme la cause des perturbations étendues. Tous les physiciens n'ont pas adopté l'opinion de ce savant; il en est un bon nombre qui pensent que la présence des vapeurs constitue de soudains allégements dans la colonne atmosphérique, et qu'elle est la cause principale de l'abaissement du baromètre. Nous ne pourrions que répéter pour la vapeur, ce que nous avons déjà dit pour l'air chaud, et en effet, si on consulte les tables d'observations, on voit combien l'humidité de l'atmosphère joue un rôle secondaire dans ce phénomène; on voit le baromètre monter et

[1] Daniell, *Meteor. essay*. Ed. 1827, pag. 480.

descendre pendant des laps de temps continuellement humide, ou pendant lequel l'hygromètre et l'aspect brumeux de l'air varient peu. Nous citerons pour exemple l'hiver de 1841 à 1842; les mois de novembre, décembre et janvier furent très-humides à Paris, les brouillards régnèrent presque sans discontinuer; les plus beaux jours n'en étaient pas exempts, et l'hygromètre a toujours été très-haut pendant ce laps de temps; le baromètre a oscillé continuellement, et plusieurs fois ses amplitudes se sont étendues de 734^{mm} à 770^{mm}. Le 18 janvier 1842, à 10 heures 30′ du soir, le baromètre marquait $769^{mm},77$, quoique l'hygromètre de Saussure indiquât 88 degrés; tandis que le 14 novembre précédent, il était à $735^{mm},2$, et l'hygromètre n'indiquait que 80. Le commencement de décembre 1842, si remarquable par ses épais brouillards, eut une pression moyenne de 765 à 772 millimètres. Le mois de décembre 1843 a été plus remarquable encore; la moyenne mensuelle a été de $768^{mm},07$. Le 14, à neuf heures du soir, la pression monta à $773^{mm},62$, tempér. — $2^{o},5$. Le ciel fut constamment voilé, ou par un brouillard d'une grande épaisseur qui atteignait le sol, ou par un brouillard uniforme, élevé, dont on ne pouvait apprécier l'épaisseur; les vents toujours très-faibles ou nuls, soufflèrent alternativement pendant le mois, de tous les points du compas, et la température varia de $+12^{o},7$ c. à — 4°. Nous ne citons ces faits que pour démontrer qu'il n'est pas exact d'attribuer l'élévation du baromètre à la sécheresse de l'air, ou son abaissement à l'humidité; mais nous ne voulons en aucune manière inférer une induction contraire. La présence des vapeurs est une nécessité dans le phénomène général, mais n'en est pas la cause.

19. Du reste, voici deux tableaux que nous empruntons à M. Dove; ils contiennent, l'un l'élasticité de la vapeur, l'autre celle de l'air sec, à différentes latitudes et dans les 12 mois de l'année; en comparant les pressions des mois et des lieux avec l'amplitude des perturbations barométriques des différentes latitudes et des différentes saisons, on pourra remarquer que, non-seulement la petitesse des oscillations de la vapeur ne répond pas à celles du baromètre, mais qu'elles sont gé-

néralement opposées l'une à l'autre; que c'est dans les pays tropicaux, où la pression de la vapeur est la plus grande, que les perturbations barométriques sont les plus petites, et qu'il en est de même pour les saisons. C'est dans l'automne et l'hiver que les plus grandes perturbations barométriques ont lieu dans nos climats, tandis que la quantité de vapeur a diminué.

Dans le tableau suivant, l'exposant ajouté aux noms des localités, indique le nombre d'années sur lequel la moyenne est fondée.

Pression de l'air sec, exprimée en millimètres, pour chaque mois de l'année.

VILLES.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOÛT.	SEPTEMB.	OCTOBRE.	NOVEMB.	DÉCEMB.	OSCILLATION.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Londres [15]	753,447	752,143	751,873	750,556	749,995	748,100	746,792	746,432	746,544	750,108	749,341	752,437	7,016
Bruxelles [2]	52,053	50,491	50,514	48,619	46,724	46,409	45,687	43,003	43,454	47,208	46,567	51,241	9,050
Milan [1].	47,243	47,063	45,755	41,310	40,408	38,423	39,100	39,776	41,153	44,785	44,582	47,694	9,272
Carlsruhe [6].	50,672	50,444	48,552	46,364	44,604	42,955	42,754	42,215	43,973	46,093	47,356	49,454	8,459
Stuttgard [6].	38,987	37;791	35,761	34,791	32,671	31,904	31,520	30,821	34,497	33,573	34,768	37,430	8,166
Hof [3].	16,745	15,501	14,421	13,451	12,391	11,172	11,217	10,248	11,217	14,105	12,659	16,203	6,497
Prague [2].	41,852	41,987	37,520	35,400	34,881	32,784	31,904	33,077	34,791	36,212	37,024	39,506	10,083
Halle	50,468	48,889	46,477	44,875	44,627	42,484	41,740	41,445	43,499	47,897	47,559	48,597	9,023
Apenrade [4]	56,222	54,056	52,865	51,174	49,296	46,679	45,547	45,482	47,424	47,926	49,770	50,017	10,873
Cracovie [5]	42,236	41,153	38,265	35,874	35,513	34,249	32,942	32,400	35,603	38,558	39,664	39,821	9,833
St-Pétersbourg [5] . .	56,448	58,794	57,846	59,651	55,771	50,151	48,190	48,077	54,169	57,259	56,222	59,470	11,573
Taganrock	61,725	58,681	58,453	53,718	49,454	45,935	46,093	49,274	53,613	60,192	63,147	65,290	19,353
Kasan [1].	55,206	57,598	53,898	51,580	47,559	43,454	39,912	42,032	47,784	52,253	51,896	55,432	17,686
Slatust	31,024	31,295	29,468	26,896	22,294	14,940	16,294	18,211	22,857	29,553	30,325	29,174	16,553
Bogoslowsk [2]. . . .	41,425	44,875	43,093	36,821	35,129	29,242	29,580	31,002	36,051	45,575	41,400	45,777	16,556
Catherinenbourg [5] .	61,567	61,702	59,989	60,463	54,620	47,649	46,093	49,364	53,650	59,561	61,071	60,550	15,610
Barnaul	60,891	57,553	53,139	48,281	40,341	33,212	30,031	33,525	40,047	54,259	54,146	56,763	30,859
Nertchinsk [2]	10,180	07,698	04,293	698,901	692,563	689,494	685,952	689,856	697,709	1,586	2,510	6,227	24,227
Chusan	65,087	65,967	»	»	»	■	»	»	57,791	46,905	55,680	64,117	28,176
Calcutta [2]	50,740	46,950	41,468	37,498	26,716	25,294	24,843	25,880	29,919	35,242	46,814	48,958	25,896
Benares [3].	44,853	42,619	40,161	35,580	29,423	17,173	13,632	17,218	22,226	29,896	39,303	45,236	31,604
Nasirabad [4].	18,234	15,314	13,632	10,789	7,247	696,262	691,186	692,585	698,337	10,428	14,850	16,361	27,047
Seringapatam [1]. . .	689,901	687,645	684,551	679,050	678,351	678,351	679,299	680,581	680,878	681,599	683,558	685,411	11,550
Punah [3].	702,759	702,556	701,180	696,058	689,110	685,411	686,021	688,208	691,096	696,554	699,984	704,721	19,510

Élasticité de la vapeur d'eau (en millimètres).

VILLES.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOÛT.	SEPTEMB.	OCTOBRE.	NOVEMB.	DÉCEMB.	OSCILLATION
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Londres [1,2]	3.459	3.843	6.520	7.467	9.158	10.737	12.249	12.517	10,941	9,046	7.173	6,407	6.857
Bruxelles [2]	5.053	4.850	5.953	7.196	9.745	10.015	10.851	11.098	11.098	8,591	6,700	6.091	6.249
Bréda [2]	4,241	5,030	5,572	5,910	7,804	11,151	11,414	10,625	10,535	8,707	6,745	5,798	7,173
Milan [1]	4.941	3.167	4,692	7.489	10.060	12.587	12,226	14.031	10.670	8,098	7.598	4.896	9.339
Carlsruhe [6]	4.015	4,376	4,806	5,504	7.849	10,692	10,918	11,550	9,880	7,759	5,820	4,444	7,554
Stuttgard [6]	3,993	4,512	4,906	5,152	7,669	9,858	10,534	10,760	9,203	7,286	5,617	4,625	6,767
Munich	»	»	»	6,025	8,775	9,136	9,745	10,241	9,858	7,554	5,031	4,761	»
Hof [3]	3,126	3,584	3,722	4,444	6,925	9,204	9,474	9,677	8,534	6,317	5,076	4,015	6,542
Prague [2]	3,126	3.497	4.466	6.700	8.985	10.509	11.256	10.602	9,993	7.467	6.632	3.767	8.120
Jena [3]	4,421	4,761	6,136	5,527	8,546	9,517	11,076	9,970	9,226	6,655	5,151	4,918	6,655
Halle	4.512	4.761	5.098	6.249	7.827	10.241	11,618	10.692	9.364	7.872	5.640	5,189	7.106
Apenrade [4]	3,279	3,053	3,798	7.895	9.654	12.271	13.829	13.467	12.473	9.790	6.542	6.294	8.775
Cracovie [5]	2.617	3.294	3.342	3.051	6.542	8.325	9.587	9,452	8.008	6.271	3.948	3.584	6,970
St-Petersbourg [5]	2.775	2.773	3,181	4.399	6.181	7.985	10.354	10.554	8.572	5.665	4.602	2.607	7.827
Lugan [5]	2.685	2,842	3,519	4.692	7.624	10.805	11.437	9,813	6.993	5.775	2.750	3.069	8.752
Kasan [1]	1,553	2,707	3,835	5,172	5,617	7,692	9,790	9,294	6,655	5,121	2,550	0,855	8,459
Statust	1.737	1.186	2.256	4.421	6.655	10.647	9.815	9,858	6.880	3.880	2.752	1,875	9.452
Bogoslowsk [2]	1,579	1,218	2,053	4.241	7.551	9.429	11.211	9,249	5.910	3.858	1.985	0.947	10,264
Catherinenbourg [5]	1.805	1,737	2.369	3.136	4.576	8.591	9,925	8,977	6.156	4,061	2,640	1,579	8.546
Barnaul	»	»	»	4,576	7,602	10,511	11,888	11,098	6,294	»	»	»	»
Nertchinsk [2]	0.205	0.316	1.263	3.652	7.061	10,466	12,452	11,640	6.271	2.253	0.767	0.564	12.249
Chusan	7,353	6,835	»	»	»	»	»	»	24,882	19,558	11,166	6,610	»
Calcutta [2]	10.219	13.264	16.553	19,965	23,889	24.113	24.002	24.228	22.897	21,159	14.550	12.677	14.009
Benares [5]	10.466	10.579	11.143	12.114	13.588	24,114	26.370	26,302	26.076	20,270	13.964	9.970	16.400
Nasirabad [4]	3.008	4.594	4.594	6.091	6.700	14.843	19,553	19.220	16.332	8.504	7.286	6.271	14.523
Séringapatam [1]	11.685	13,554	13,784	17,212	17,212	16.695	16.152	15.091	15,091	16,152	14.953	13.197	3.527
Punals [5]	10,647	8.685	8.820	12.767	13.971	19,423	19.761	18,972	18,001	13.565	12.316	8.188	11.256

20. Ce n'est donc ni des vapeurs prises isolément, ni du degré de la température, que ressortent les perturbations du baromètre qui ont de la durée, et les changements instantanés. Ces causes peuvent bien produire quelques oscillations locales, mais non ces abaissements, ou ces élévations qui persévèrent des journées entières et qui commencent à toutes les heures du jour et de la nuit [1]. « Si l'on compare, dit M. Frédéric [2], la marche du baromètre à la quantité d'eau tombée, ou aux vents, ou à la température, on ne voit partout que contradictions. » Il dit ailleurs : « Ayant comparé la marche des météores de 1770 à 1817 et de 1817 à 1826, j'ai trouvé qu'à Upsal la moyenne barométrique alla croissant dans la première période et en décroissant dans la seconde. L'écart des oscillations diminua dans la première période et augmenta dans la seconde. Ce changement coïncide avec celui de la déclinaison, qui commença à cette époque à rétrograder vers l'Est. » Il suffit de jeter un coup d'œil sur les tableaux où sont représentés les mouvements du baromètre, de la tension de la vapeur et de son humidité relative, pour apprécier le peu de fondement qu'il y a dans les rapports qu'on a voulu établir entre ces divers cas météorologiques [3].

[1] Dans une lettre du cap de Bonne-Espérance, adressée à M. Plana, en date du 28 décembre 1835, sir John Herschel dit : « L'oscillation annuelle est très-régulière au cap, et s'élève à un quart de pouce environ. Le *maximum* a lieu en juillet, qui est le mois le plus pluvieux, et le *minimum* en janvier, ou dans le mois le plus sec et le plus chaud; ce qui présente un fait singulier. » (*Gazette du Piémont* du 6 avril 1836 et *Bibl. Univ.*, 1836, t. II, p. 145.)

Il faut consulter les courbes tracées par M. Hällström, dans le t. I[er] des *Actes de la Société scientifique de la Finlande*, 1[er] cahier. Il fait voir dans son mémoire sur quel vaste espace la pression peut varier d'une manière à peu près identique, dans les mois où la température varie le moins, comme cela est arrivé en janvier et décembre 1784, en février 1828, en janvier 1835, etc. Il faut également consulter les *Résumés* que M. Quetelet a présentés à l'académie royale de Bruxelles, le 4 février et le 4 mars 1843, sur le grand abaissement du baromètre dans le mois de janvier précédent.

A Paris, M. Arago vit le baromètre à 726^{mm},2 le 12 à 4^{h} du matin; M. Quetelet le vit à Bruxelles à 724^{mm},59 ce même jour à 8^{h} du matin, et à 723^{mm},11 le 14 à 10^{h} du soir. Pendant toute cette tourmente barométrique, la température n'éprouva qu'une très-faible oscillation.

[2] *Mémoire de la Soc. Roy. d'Upsal.*

[3] Voyez les différents résumés de M. Quetelet, dans les tomes VIII, IX, X des *Bulletins de l'Académie royale de Bruxelles*, et dans les divers tomes des mémoires de cette académie. Nous citerons

M. G. Hutchison reconnaît, comme M. Frédéric, qu'aucune des trois causes indiquées ci-dessus, la température seule, l'humidité seule et les vents pris isolément, pas plus que leur réunion, ne peut expliquer le phénomène des oscillations horaires. Il croit en avoir trouvé la cause véritable, dans la pression variable qu'éprouve l'atmosphère, par les actions réunies ou séparées du mouvement orbitaire et du mouvement de rotation de la terre [1]. Cependant l'auteur reconnaît que le renversement de signe vers le 65e degré est une difficulté insurmontable pour sa théorie. Nous ajouterons que les perturbations accidentelles sont des difficultés qu'il ne pourrait pas plus vaincre que les variations locales.

21. Les physiciens ont souvent été, et sont encore, en désaccord sur l'influence de la lune : les uns reconnaissent une marée atmosphérique, les autres ne l'admettent pas. Les premiers disent qu'ils ne conçoivent pas comment l'attraction lunaire, si puissante sur les eaux, n'aurait aucune influence sur l'air ; comment l'attraction lunaire pour-

comme exemple, celui que contient le tome XVIII. Ce savant et infatigable secrétaire perpétuel a donné les tableaux des observations faites au solstice d'hiver 1842, et à l'équinoxe du printemps 1843, dans 12 localités. La pression atmosphérique baissa généralement à la première époque pendant les 36 heures d'observations simultanées, et elle éprouva de nombreuses perturbations dans quelques contrées. A l'équinoxe du printemps, les perturbations furent moindres pour le baromètre; il était donc curieux de mettre en présence l'état des autres phénomènes pour saisir leur liaison, s'il y en avait. Nous ne citerons que les quatre comparaisons suivantes, pour ne pas trop allonger cette note.

A Parme, l'amplitude de l'oscillation barométrique au solstice fut de $3^{mm},64$, celle du thermomètre fut de $6^{\circ},6$; à l'équinoxe du printemps, l'oscillation barométrique ne fut que de $1^{mm},44$, quoique la température variât de $8^{\circ},1$.

A Bruxelles, l'oscillation du solstice d'hiver fut pour le baromètre de $6^{mm},38$, de $2^{\circ},3$ pour la température, et de $1^{mm},78$ pour la pression des vapeurs. A l'équinoxe suivant, ces trois oscillations furent de $4^{mm},11$; $11^{\circ},1$; $2^{mm},40$.

A Varsovie, l'amplitude de ces oscillations fut au solstice, $12^{mm},8$; $4^{\circ},4$, et 2^{mm}; à l'équinoxe, elle fut de $8^{mm},46$; $13^{\circ},9$ et $1^{mm},30$ pour la pression de la vapeur.

Au Mont Saint-Bernard, la courbe ne varia que de 1^{mm} environ aux deux époques, quoique la température eût un écart de $7^{\circ},8$ à la 1re époque, et seulement de $2^{\circ},8$ à la seconde. Le vent fut constamment N.E. dans le premier cas, et S.O. dans le second.

[1] *Association Britannique*, 1843, séance du 18 août. *Journ. Institut.*, 1843, n° 514, p. 373.

M. Calebrooke dit aussi que la périodicité des oscillations est indépendante de la température et des saisons. Voyez le *Mém. du Col. Sykes*.

rait produire sur la mer un ménisque de plusieurs mètres, et ne pourrait agir sur l'atmosphère. Un grand nombre de physiciens pensent que l'atmosphère a ses marées comme l'Océan : nous citerons parmi ces derniers, d'Alembert [1], Lambert [2], Rich. Walker [3], Lalande, etc. [4]. Des observateurs ont cherché à saisir cette influence au moyen du baromètre : Mutis et Caldas [5], Lamarck [6], Le P. Cotte [7], Luke Howard [8], Flaugergues [9], M. d'Hombres-Firmas [10], M. Sykes [11], M. Lubbock [12], M. Lefroy, etc. [13], donnent des tableaux d'observations où l'on trouve de légères différences entre les quadratures et les syzygies.

M. Everest a montré par une moyenne de dix années, que le baromètre à Calcutta éprouvait une notable dépression, quand la déclinaison de la lune dépassait 20°, et que les plus grandes dépressions barométriques avaient lieu, à peu près, au moment de sa plus grande déclinaison [14].

22. D'autres auteurs, et Laplace à leur tête, ne reconnaissent qu'une influence tellement minime sur la pression, qu'elle leur paraît négligeable. Laplace ne l'estime qu'à un dix-huitième de millimètre environ [15].

Le silence du baromètre ne nous paraît pas une preuve de la nul-

[1] *Mémoire sur les Vents*, 1746.

[2] *Mém. de l'Acad. Berlin*, 1777, p. 36.

[3] *Phil. Magaz.*, août 1812, et *Bibl. univ.*, 1813, t. XIII, p. 310.

[4] *Journ. de Paris*, germinal an VI, n° 187, p. 787.

[5] *Voyage de M. De Humboldt*, in-4°, t. III, pp. 309 et 10.

[6] *Journ. de Physique*, 1798, t. XLVI, pp. 428 et suiv.

[7] *Journ. Phys.*, années 1800 et 1801.

[8] *Phil. Magaz.*, 1800, t. VII, p. 355.

[9] *Biblioth. Univ.*, 1829, t. XL, p. 267.

[10] *Recueil de Mém. et d'Observ.*, 1838.

[11] *Phil. Trans.*, 1835, t. CXXV, p. 161.

[12] *Phil. Magaz.*, juillet 1841, t. XIX, p. 81.

[13] *Journ. l'Institut*, 1843, n° 471, p. 4.

[14] *Asiatic journ.*, mai 1835; *Bibli. univ.*, 1836, t. VI, p. 156.

[15] Dans les 13 années d'observations de M. Wisniewsky, on a pour les syzygies $758^{mm},64$, et pour les quadratures $758^{mm},56$.

Les marins ayant remarqué que le vent variait avec le changement de lune, on a préféré attribuer cet effet aux grandes marées des syzygies qu'à l'attraction directe de la lune, dominé que l'on est par le silence du baromètre. (*Revue Scient.*, n° 13, 1841, t. IV, p. 47.)

lité d'action lunaire; le ménisque atmosphérique est comme le ménisque aqueux, un supplément de poids exigé par la diminution de la gravité. Ainsi le silence du baromètre serait toujours complet, si l'équilibre se reproduisait aussi rapidement que l'attraction de la lune trouble la gravité locale de l'atmosphère. Si le baromètre accuse quelque peu l'influence lunaire, c'est que l'équilibre du ménisque demande un temps appréciable pour s'effectuer, pendant lequel il existe une petite différence de pression. En ce qui concerne le baromètre, on peut négliger l'influence lunaire, le poids de l'atmosphère étant le même, avec ou sans ménisque, mais il n'en est pas ainsi du vent, qui peut être modifié par la marche de ce ménisque, comme nous le verrons dans un autre travail.

CHAPITRE II.

DES OSCILLATIONS HORAIRES ET ACCIDENTELLES DU BAROMÈTRE.

—

23. Pendant longtemps on n'avait vu dans les variations du baromètre, qu'une marche capricieuse comme celle des météores atmosphériques; quoiqu'on ne pût lier la variété de l'une à la variété de l'autre, on les regardait comme solidaires, et les anomalies étaient attribuées à quelques phénomènes intermédiaires qu'on n'avait pu saisir. Il y avait environ 40 ans que le baromètre était inventé et qu'on suivait en Europe avec curiosité sa marche inconstante, afin d'en découvrir la cause, lorsque des observateurs, résidant dans les pays intertropicaux, s'aperçurent que les perturbations accidentelles, si étendues des zones tempérées, étaient réduites aux proportions les plus minimes. Ils s'aperçurent en même temps qu'il y avait un autre mouvement, indépendant des accidents atmosphériques, dont la marche régulière se reproduisait chaque jour aux mêmes heures, et dont aucun obser-

vateur des zones tempérées n'avait parlé. Il paraît que les premiers documents écrits sur cette marche périodique du baromètre datent de 1682, et sont dus à MM. Varin, Deshayes et de Glos [1]. Ils écrivirent qu'à Gorée, le baromètre baissait chaque jour lorsque le thermomètre montait, et qu'il montait le soir, lorsque le thermomètre descendait.

24. Depuis ces premiers aperçus, un anonyme qui a habité Surinam [2], Bouguer [3], la Condamine [4], Godin, Thibault de Chanvalon [5], Mutis, le Père Alzate, Lamanon et Mongès [6], Trail, Farquhar, Pearce, Balfour, Mosely, etc., ont constaté ce mouvement périodique. Mais quelque importantes que fussent ces observations, ce sont celles de M. de Humboldt qui firent entrer ce fait dans la science, et qui démontrèrent les heures des retours et l'étendue des oscillations entre les tropiques. Ce fut ce savant qui, appelant l'attention de tous les physiciens, fit étendre ces recherches dans toute l'Europe, d'où ressortit bientôt un résultat nouveau, celui du décroissement de l'oscillation périodique, en s'avançant vers les latitudes élevées [7]. Cet appel de l'illustre voyageur fut entendu en France, et Ramond, ce savant infatigable, sut séparer dans notre pays les faibles oscillations périodiques des grandes perturbations accidentelles [8]. M. Arago, en rassemblant les observations nombreuses qui furent faites sous sa direction, avec une persévérante activité, put indiquer son étendue, sa durée et ses heures de retour pour Paris [9]. Maintenant ce fait ressort de tous les tableaux d'observations que l'on fait dans les divers observatoires; les principaux sont ceux qui ont été dressés sous la direction éclairée de

[1] *Mémoires Acad. Sc. Paris*, VII, 457.
[2] *Journ. littér. de La Haye*, 1722, p. 254.
[3] *Figure de la terre*, p. 39, 1749.
[4] *Voy. à l'équateur*, p. 50 et 109, et *Voyage à la rivière des Amazones*, p. 25.
[5] *Voyage à la Martinique*, 135.
[6] *Voyage de Lapeyrouse*, 1797, t. IV, pp. 257-264.
[7] *Voyage aux Rég. équin.*, in-4°, t. III, p. 270, et *Tableaux phys. des Rég. équin.*, in-4°, 1807.
[8] 3e *Mémoire*, 2e partie, 1811, in-4°, Clermont-Ferrand.
[9] Les résumés consignés dans les *Annales de Chim. et de Physique*.

M. Quetelet et de l'académie royale de Bruxelles [1], et ceux que publie chaque année l'académie des sciences de St-Pétersbourg, sous la direction de M. Kuppfer [2].

25. Il résulte de l'ensemble des observations, qu'il y a dans un même lieu deux sortes d'oscillations barométriques, l'une accidentelle, sans régularité apparente, et l'autre périodique, revenant à peu près aux mêmes heures. En suivant la marche de l'oscillation périodique, soit directement entre les tropiques, soit par des moyennes dans les régions tempérées, si l'on part du *maximum* d'élévation de dix heures du matin, on remarque que le baromètre baisse jusque vers trois heures de l'après-midi; qu'il remonte ensuite jusqu'à dix heures du soir, pour rétrograder de nouveau jusque vers trois ou quatre heures du matin, d'où il se relève jusqu'à son *maximum* de dix heures. Cette marche horaire se rapproche de celle de l'aiguille aimantée.

26. Il y a donc deux *maxima* et deux *minima* dans l'oscillation périodique; mais l'instant précis de l'arrivée de la colonne mercurielle à ces points extrêmes, ainsi que leur temps d'arrêt, avant de reprendre la marche inverse, n'ont point une fixité absolue. Il y a au contraire beaucoup de variations suivant les lieux, les saisons, l'état du ciel et la latitude. Par exemple, on trouve pour les saisons [3] :

1° Que le *minimum* du soir arrive une heure plus tard l'été que l'hiver;

2° Que le *maximum* du soir est atteint deux heures plus tard en été qu'en hiver;

3° Que le *minimum* du matin arrive une heure plus tôt en été qu'en hiver;

[1] *Mém. de l'Acad. Roy. de Bruxelles.*

[2] *Annuaires de l'Acad. des Sc. de Saint-Pétersbourg.*

On peut aussi consulter les *Mém.* du P. Cotte; Van Swinden, *Journ. Phys.*, 1778, t. XII, p. 301 : Chiminello, *Saggi Scientifici di Padova*, 1786, t. I, p. 46; Coutelle, *Descript. de l'Égypte, Mém. d'Hist. natur.*, t. II, p. 335; Duc la Chapelle, *Bullet. des Sc.*, an VII, n° 2, p. 162 ; Hemmer, *Journ. Physik de Gren.*, B. II, p. 225, etc.

[3] Kæmtz, *Météor.*, t. II, p. 269.

4° Et enfin que le *maximum* du matin devance en été d'une heure et demie celui de l'hiver [1].

Quant à l'amplitude de l'oscillation horaire suivant les saisons, elle varie avec les localités. Ainsi son *maximum* a lieu au printemps à Abo, d'après les observations de M. Hâllstrôm; en été, à Padoue, d'après celles de Chiminello, et en automne, à Halle, d'après Kæmtz [2].

27. Relativement aux latitudes, il y a de nombreuses variations dans les heures d'arrivée et de rétrogradation du baromètre; c'est une question sur laquelle nous reviendrons plus bas; nous dirons seulement qu'en général, en s'éloignant de l'équateur, les heures des *maxima* et des *minima* suivent à peu près la marche des saisons froides. D'après les tables de Kæmtz [3], on voit que le premier *minimum*, celui de l'après-midi, arrive plus tard à Milan qu'à Berlin, et que pour chaque localité il arrive plus tard en été qu'en hiver.

Ainsi, en janvier, c'est à $3^h 24'$ qu'il existe à Milan, et à $2^h 42'$ à Berlin. En juillet, il est atteint à $5^h 43'$ à Milan et à $5^h 10'$ à Berlin.

Le *maximum* du soir en janvier est atteint dans la première ville à $10^h 12'$, et à $9^h 37'$ dans la seconde. En juin, on trouve $11^h 31'$ pour l'une et $10^h 57'$ pour l'autre.

Le *minimum* du matin est en janvier à $16^h 49'$ à Milan et à $16^h 32'$ à Berlin; en juillet c'est à $14^h 50'$ et $14^h 54'$. Il y a presque égalité.

[1] On trouve des différences fort notables à cette régularité dans certaines localités : à St-Louis, au Sénégal, M. De Beaufort a trouvé $765{,}6^{mm}$ à 7^h du matin; $763{,}1^{mm}$ à midi; $765{,}8^{mm}$ à 4^h du soir; $765{,}2^{mm}$ à 8^h et $763{,}8^{mm}$ à minuit. La marche de l'hygromètre de Saussure, à ces mêmes heures, est très-remarquable, 50°; 18°; 70°; 90°; 98° (*Hertha*, 1825, n° 3, p. 143 et suiv.). Les différences observées entre la côte de Coromandel et celle de Malabar, et celles observées par Horsburgh, entre la marche du baromètre sur la côte et celle en pleine mer, doivent également être rappelées. (*Phil. Trans.*, 1805, t. XCV, p. 177.)

[2]

	l'hiver	le printemps	l'été	l'automne
A Abo,	$0{,}740^{mm}$;	$1{,}073^{mm}$;	$0{,}965^{mm}$;	$0{,}900^{mm}$.
A Padoue,	» $0{,}494^{mm}$;	» $0{,}552^{mm}$;	» $0{,}575^{mm}$;	» $0{,}404^{mm}$.
A Halle,	» $0{,}438^{mm}$;	» $0{,}454^{mm}$;	» $0{,}458^{mm}$;	» $0{,}517^{mm}$.

Kæmtz, t. II, p. 275.

[3] *Journ. l'Institut*, 1841, n° 398, p. 272.

Le *maximum* du matin est en janvier à $21^h56'$ pour la première ville, et à $21^h37'$ pour la seconde. En juillet c'est $20^h57'$ et $20^h40'$.

Enfin, l'oscillation moyenne est en janvier de $0^{mm},69$ à Milan et de $0^{mm},388$ à Berlin, tandis qu'en juillet elle est de $0^{mm},904$ pour l'une et $0^{mm},476$ pour l'autre; elle augmente de $0^{mm},219$ à Milan et $0^{mm},088$ à Berlin.

28. Les époques tropicales sont :

Dans la zone équatoriale	$+20^h15' - 6^h$.	$+10^h30' - 16$ heures.
Dans la zone tempérée	$+21^h30' - 5^h$.	$+ 9^h30' - 17$.

On voit que dans cette dernière, le *maximum* du matin et le *minimum* du soir sont plus rapprochés du passage du soleil au méridien, tandis que c'est le contraire pour ceux de la nuit; la cause se prolonge plus tard dans la zone équatoriale et recommence son action plus tôt.

L'oscillation rétrograde de la nuit, plus faible que celle du jour, n'en a pas non plus la généralité et disparaît vers les moyennes latitudes. Dans les basses latitudes, certaines localités ne paraissent pas la présenter; il en est même qui donnent un signe contraire. Nous trouvons dans les observations de M. Russel à Boorhanpar (latit. 24° N. [1]), dans celles du Dr Royle, à Saharempoor, à 325 mètres d'élévation, et dans celles de M. Fray Juan, à la Vera-Crux, que les moyennes des marées nocturnes ont plus souvent le signe + que le signe — [2].

29. En s'avançant vers le Nord, l'amplitude du *minimum* du soir, le seul qui reste vers le 50e degré, diminuant de plus en plus, disparaît enfin vers le 65e, dans la région même où la pression générale est à son *minimum*. Au delà de cette région, la pression augmente pendant la journée, au lieu de baisser, et donne ainsi le signe + à la courbe qui avait le signe — depuis l'équateur au niveau des mers [3].

[1] *Phil. Trans.*, 1828.

[2] Sykes, *Phil. Trans.*, 1835, p. 161 et suiv.

[3] J. Forbes, *Trans. Soc. Roy. d'Édimbourg*, vol. XII, p. 153 et suiv.

TABLEAU

Des différences moyennes des oscillations extrêmes horaires du soir, sous les diverses latitudes [1].

LOCALITÉS.	LATITUDE.	LONGITUDE.	ALTITUDE.	HAUT. MOYENNE à zéro, non corrigée de la pesanteur.	DIFFÉRENCES observées.	DIFFÉRENCES calculées et ramenées au niveau de la mer.	DIFFÉRENCES entre les deux.	OBSERVATEURS et COORDONNATEURS.
			m.	mm.	mm.	mm.	mm.	
Port-Famine.	53°38′ S.	73°15′27″ O.	0	750,51	0,54	0,54	0,0	Fitzroy.
Baie des îles (Nouvelle-Zélande). . . .	35°15′	171°50′ E.	5	761,19	1,53	1,30	—0,23	De Tessan.
False-Bay (Cap de Bonne-Espérance). .	34°11′	16° 6′ E.	9	761,60	1,10	1,35	+0,25	Id.
Port-Jackson (Nouvelle-Hollande) . . .	33°51′	148°53′ E.	6,6	760,21	2,12	1,40	—0,72	Id.
Valparaiso (Chili) . .	33°02′	74°04′ O.	45	755,36	1,31	1,38	+0,07	Id.
Rio-Janeiro	22°54′23″	45°30′ 0″ O.	0	764,95	1,70	1,70	0,0	Freycinet, Eschwege.
Taïti.	17°19′	151°49′19″ O.	0	761,54	1,64	1,64	0,0	Simonoff.
L'Océan-Pacifique . .	16° 0′	»	0	761,10	1,55	1,55	0,0	Schouw, Berghauss, Horner.
Callao	12° 3′	79°54′30″ O.	11,7	759,76	1,84	1,84	0,0	Humboldt.
Lima	12° 2′34″	79°27′45″ O.	174	741,72	2,71	2,78	+0,07	Id.
Payta	5° 5′30″	83°32′28″ O.	0	757,96	2,08	2,08	0,0	Duperrey.
Baie de Poste-Offices (île Charles, archipel des Galapagos). .	1°14′ S.	92°53′ O.	2,5	759,70	0,91	2,40	+1,49	De Tessan.
Quito	0°14′ S.	81° 5′50″ O.	2908	555,81	1,48	2,19	+0,71	Humboldt.
L'Océan-Pacifique . .	0° 0′	»	0	758,31	1,71	1,71	0,0	Schouw, Berghauss.
Antisana	0°35′ N.	»	4100	470,54	1,26	2,25	+0,99	Humboldt.
Popayan.	2°26′18″ N.	79° 0′ 9″ O.	1772	618,10	1,92	2,41	+0,49	Caldas, Humboldt.
Ibague.	4°27′	77°40′ 5″ O.	1370	658,70	1,92	2,27	+1,05	Humboldt.
Santa-fe-de-Bogota. .	4°36′	76°34′ 8″ O.	2661	561, 0	2,01	2,69	+0,68	Boussingault et Rivero.
Siera-Leone	8°30′	14°50′24″ O.	0	754,34	1,55	1,57	+0,02	Capitaine Sabine.
Cumana	10°27′37″	66°30′ O.	10,5	756,15	1,78	1,80	+0,02	Humboldt.
Caracas	10°30′50″	69°15′ O.	870	681,94	2,17	2,44	+0,27	Id.
La Guayra	10°36′	69°17′ O.	10,6	759,31	1,89	1,90	+0,01	Boussingault et Rivero.
Madras	13° 4′ 9″	77°56′57″ E.	0	760,13	1,41	1,81	+0,40	Goldingham.

(1) Pour réduire l'amplitude de l'oscillation diurne d'un lieu élevé à ce qu'elle serait au niveau de la mer prolongée sous la verticale du lieu d'observation, M. Kæmtz donne la formule suivante :

D. L'oscillation moyenne au niveau de la mer, que l'on prend dans la table de Schouw, pour la latitude de l'observation.

d. Oscillation moyenne du lieu de l'observation.

b. Différence des hauteurs moyennes barométriques entre celle du lieu de l'observation et celle au niveau de la mer pour cette latitude.

a. Coefficient tiré des observations faites à des hauteurs diverses, $= 0^{mm},003413$,

$$D = d + ab.$$

Cette formule ne peut donner que des résultats incertains, car si on prend les *maxima* et les *minima* réels du lieu élevé, comme ces hauteurs barométriques changent d'heure avec l'altitude, on compare des pressions qui ne correspondent pas aux mêmes heures. Si on prend les hauteurs aux mêmes heures, *d* n'exprime plus la différence des *maxima* et des *minima* réels, mais des *maxima* et des *minima* tels qu'ils sont aux heures tropiques au niveau de la mer. M. Bravais propose de mesurer l'amplitude moyenne de la variation diurne d'un lieu donné, en prenant la moyenne des carrés des différences entre les lectures horaires variables et la lecture moyenne qui est constante, puis on égale cette amplitude à la racine carrée de cette moyenne. La formule qui exprime l'extinction de l'amplitude à mesure que l'on s'élève devient : $d = D - 0,0007\ (760 - H)$. H étant la hauteur moyenne sur la montagne. (*Voy.* la note de M. Martins dans la traduction de Kæmtz, page 254).

LOCALITÉS.	LATITUDE.	LONGITUDE.	ALTITUDE.	HAUT. MOYENNE à zéro, non corrigée de la pesanteur.	DIFFÉRENCES observées.	DIFFÉRENCES calculées et ramenées au niveau de la mer.	DIFFÉRENCES entre les deux.	OBSERVATEURS et COORDONNATEURS.
			m.	mm.	mm.	mm.	mm.	
Chittledroog	14°11′ N.	74° 4′36″ E.	779,6	695,02	1,65	1,80	+0,15	Kater.
Acapulco (Mexique)	16°50′	102° 9′ O.	2	758,89	2,91	1,55	—1,36	De Tessan.
L'Océan-Pacifique	18° 0′	»	0	761,0	1,45	1,45	0,0	Horner, Schouw, Berghauss.
Mexico	19°26′45″	101°25′30″ O.	2277	585,13	1,59	2,20	+0,61	Humboldt.
Calcutta	22°23′11″	86° 0′ 3″ E.	0	758,86	1,84	1,85	+0,01	Balfour, Prinsep.
Baie de la Madeleine (Basse-Californie)	24°36′	114°25′ O.	2,50	761,09	1,39	1,61	+0,22	De Tessan.
Le Caire	30° 2′ 4″	28°55′12″ E.	40	757,28	1,54	1,55	+0,01	Coutelle.
Peking	32°54′	114°61′ E.	?	759,905	2,03	1,45	—0,58	Gachkevitche, *An. St-Pétersbourg.*
Monterey (Haute-Californie)	36°36′	124°13′ O.	4	762,50	0,50	0,30	—0,20	De Tessan.
Rome	41°54′ 6″	10° 6′30″ E.	58	»	0,98	1,00	+0,02	Humboldt.
Padoue	45°24′ 0″	9°32′24″ E.	14	756,84	0,48	0,51	+0,05	Chiminello.
Milan	45°27′35″	6°51′ 5″ E.	119	752,09	0,75	0,78	+0,05	Ramond, Delcros. M. Colla trouve 747mm69.
Aoste	45°41′10″4	4°59′22″ E.	598	709,66	1,66	0,664	+1,026	Carrel, de son observ. altitude 615m.
Clermont-Ferrand	45°47′	0°44′57″ E.	407	727,96	0,77	0,82	+0,05	Ramond.
Coire	46°51′	7°16′30″ E.	525	711,04	0,71	0,88	+0,17	Kæmtz.
Viviers	47°29′14″	2°20′45″ E.	57	755,47	0,84	0,86	+0,02	Flaugergues.
Bâle	47°23′24″	5°15′30″ E.	253	738,79	0,84	0,92	+0,08	Kæmtz.
Munich	48° 8′20″	9°14′18″ E.	526	715,88	0,48	0,67	+0,19	Yelin.
aris	48°50′	0	64 Observ. 56 Pont de la Tournelle.	756,61	0,55	0,56	+0,01	Arago, Bouvard, ils donnent 761mm73 moy.
eidelberg	49°25′	6°21′25″ E.	132	756,84	0,65	0,63	—0,05	Kæmtz, Humboldt.
annheim	49°29′13″	6° 7′30″ E.	92	750,74	0,58	0,61	+0,05	Id.
racovie	50°4′	17°37′26″ E.	201	742,38	0,30	0,36	+0,06	Id.
rague	50°5′19″	12° 4′58″ E.	190	743,97	0,51	0,57	+0,06	Id.
rancfort-sur-Mein	50°6′43″	6°21′ 0″ E.	117	752,47	0,71	0,74	+0,3	Gerling.
Vetzlar	50°32′	»	157	743,75	0,39	0,45	+0,6	Kæmtz.
ille	50°38′44″	1° 4′48″0	24	759,62	0,70	0,55	+0,15	Delezenne.
ltenberg	50°45′	»	693	693,69	0,33	0,55	+0,22	Kæmtz.
ruxelles	50°50′	2° 1′46″ E.	Observ. 58	757,06	0,80	0,81	+0,01	Quetelet.
rnstad	50°50′	8°36 36″	292	734,40	0,67	0,76	+0,09	Kæmtz.
reyberg	50°55′	11° 0′ E.	360	726,15	0,31	0,42	+0,11	Id.
ittau	50°52′	12°28′ E.	247	739,91	0,45	0,52	+0,07	Id.
na	50°56′29″	9°17′ 3″ E.	162	749,16	0,54	0,58	+0,04	Id.
otha	50°56′ 6″	8°25′43″ E.	308	750,89	0,45	0,55	+0,10	Id.
unkerque	51° 2′12″	0° 2′25″ E.	0	760,43	0,11	0,55	+0,44	Delezenne, *Mém. soc. sci. Lille.*
resde	51° 3′39″	11°23′47″ E.	121	744,42	0,47	0,53	+0,06	Kæmtz.
ertchinsk	51°18′	117° 1′ E.	609	701,65	0,19	0,55	+0,36	Kupffer, Prang 2me.
alle	51°29′38″	9°37′30″ E.	111	753,45	0,47	0,50	+0,03	Kæmtz.
unster	51°58	5°18′ E.	63	754,80	0,43	0,45	+0,02	Id.
rlin	52°33′	52°30′16″ E.	Observ. 39	758,80	0,34	0,35	+0,01	Encke, du sol de Berlin 35m, Bayer.

LOCALITÉS.	LATITUDE.	LONGITUDE.	ALTITUDE.	HAUT. MOYENNE à zéro, non corrigée de la pesanteur.	DIFFÉRENCES observées.	DIFFÉRENCES calculées et ramenées au niveau de la mer.	DIFFÉRENCES entre les deux.	OBSERVATEURS et COORDONNATEURS.
			m.	mm.	mm.	mm.	mm.	
Barnaoul.	53°20′	81° 7′ E.	117,6	752,96	0,124	0,460	+0,336	Gebler, Prang 1er.
Dantzig	54°21′	16°19′10″ E.	5,5	759,31	0,29	0,30	+0,01	Schubert.
Kœnisberg.	54°42′50″	18° 9′42″ E.	0	761,17	0,19	0,19	+0,0	Kupffer, *Ann. St-Pétersbourg.*
Apenrade	55° 3′	7° 6′25″ E.	11	761,059	0,36	0,37	+0,01	Neuber.
Zlatoouste	55°11′	57°23′ E.	322	731,73	0,36	0,40	+0,04	Nesterowsky, Mallhmann, Kupffer.
Casan	55°48′	46°46′ E.	58	751,80	0,12	0,13	+0,01	Knorr, Simonoff.
Édimbourg	55°55′	5° 3′ 7″ O.	88	746,90	0,21	0,26	+0,05	Playfair.
Cathérinembourg . .	56°50′	58°14′ E.	247,7	738,17	0,36	0,37	+0,01	Reinke, Rochkoff.
St-Pétersbourg . . .	59°56′	27°58′34″ E.	5	758,26	0,13	0,14	+0,1	Kupffer, Olkhovsky.
Christiania.	59°54′42″	8°23′ 7″ E.	»	759,685	0,52	0,52	0,0	Esmark.
Bogolowsk.	59°45′	57°39′ E.	156	744,20	0,20	0,24	+0,04	Kupffer.
Abo	60°27′	19°56′45″ E.	0	759,55	0,26	0,26	0,0	Hällström.
Thorshaven	62° 2′43″	9° 6′ E.	0	763,96 ?	0,0	0,14	+0,14	Commiss. scientifique du Nord; 4 jours.
Fort-Reliance	62°26′29″	111°21′ O.	107	762,212	0,0	0,13	+0,13	Ross.
Port-Bowen	73°13′39″	91°15′ 9″ O.	0	760,39	+0,22	+0,22	0,0	Parry.
Magdalena-Bay . . .	79°33′44‴	8°49′17″55 E.	0	751,46 ?	+0,55	+0,55	0,0	Commiss. scientifique du Nord; 11 jours.

Nous n'avons pas intercalé l'oscillation de Bosekop au 66c,58 degré de latitude, déduite des observations de M. Bravais, en 1838 et 1839, parce que l'irrégularité de la courbe et le retard des *minima* démontrent qu'elle n'appartient plus à l'oscillation tropicale, qui se rapproche au contraire du Midi, à mesure que la latitude s'élève [1]. Voyez figure 14.

30. En représentant la dégradation de l'oscillation horaire par des ordonnées, comme M. J. Forbes l'a fait [2], et la latitude par des abcisses, on voit que la courbe des ordonnées traverse la ligne des abcisses

[1] Voyez la note de M. Martins dans sa traduction de la *Météorologie de Kœmtz*, p. 263.

Parmi les ouvrages à consulter, pour retrouver les documents de ce tableau, nous indiquerons principalement les *Voyages de M. de Humboldt aux régions équinoxiales*, ceux de *Ross*, de *Du Petit-Thouars*, de *Parry*, celui de la *Commission scientifique du Nord*, les *Mémoires de l'académie des sciences de Paris*, ceux de *l'académie royale de Bruxelles*, les *Mémoires de Ramond*, ceux de la *Société des sciences de Lille*, les *Résumés de M. Arago*, la *Météorologie de Kœmtz*, les *Mémoires de Schouw*, l'*Atlas physique de Berghauss*, etc., etc.

[2] *Transact. Soc. Roy. d'Édimbourg*, vol. XII, p. 133 et suiv. M. Coupvent-Desbois place ce renversement au 62e degré, dans l'hémisphère austral.

vers le 65e degré; puis, elle s'en éloigne en continuant à descendre jusqu'au $79^e 33'$, au delà duquel l'observation cesse de diriger. Cette nouvelle courbe présente beaucoup d'inégalités, et il faudrait une grande masse d'observations pour en tirer une moyenne un peu exacte. Indépendamment de la dégradation latitudinale du mouvement horaire, il s'en produit encore une autre suivant les altitudes dont nous parlerons plus bas.

31. L'oscillation accidentelle marche en sens inverse de l'oscillation horaire, elle s'accroît en s'éloignant de l'équateur, elle s'accroît non-seulement dans l'étendue de son amplitude, mais aussi dans la brusquerie de ses retours. L'étendue des oscillations accidentelles du baromètre varie aussi avec les saisons, elle diminue des mois d'hiver aux mois d'été, et augmente des mois d'été aux mois d'hiver. L'amplitude des perturbations atmosphériques ne s'accroît pas d'une manière régulière avec la latitude; l'influence des localités est considérable, et il faut passer à des hauteurs très-différentes pour retrouver les mêmes écarts, comme le démontre le tableau suivant. Quelles que soient les anomalies que l'on rencontre dans la marche de ces perturbations, il en résulte que, jusqu'au 75e degré de latitude dans l'été, l'amplitude a toujours augmenté, et qu'elle est à cette hauteur de $40^{mm},6$ de chaque côté de la moyenne, ou $81^{mm},2$ d'un extrême à l'autre [1].

32. Les hautes latitudes sont peu peuplées d'observateurs, les rares habitants de ces contrées n'ont point trop de toute leur activité pour combattre la rigueur du climat; il en résulte que le peu d'observations barométriques que nous possédons, viennent des voyageurs ou des capitaines baleiniers qui y vont dans l'été. Peu de ces derniers y passent l'hiver pour attendre le printemps suivant. Ces observations appartien-

[1] Dans les *Observations Météorologiques* faites à l'acad. des sc. de Saint-Pétersbourg de 1822 à 1835, on trouve pendant les 13 années d'observations un écart de $84^{mm},24$. Le 3 janvier 1826 le baromètre monta à $792^{mm},3$, et descendit le 6 février 1823 à $718^{mm},06$. A Upsal, M. Frédéric note deux époques qui diffèrent de $79^{mm},08$, *Mém. Soc. Roy. sci. d'Upsal.* A Malmanger (Norwège 60° lat.) et à Ullensvang (60°19′) la moyenne des amplitudes de 29 ans est de $56^{mm},576$, et l'écart le plus grand a été de $73^{mm},312$. Provost Hertzberg, *Édimb. Journ. Scien.*, Brewster, n° 13, p. 83, 1827.

nent donc pour la plupart aux mois d'été, à l'exception de celles de Wil. Scoresby [1] et de celles de la commission scientifique envoyée en Islande. D'après les observations de Will. Scoresby, nous pensons que cette amplitude s'arrête dans son augmentation et qu'elle diminue même en s'approchant vers le pôle. Dans l'été, la zone des plus grandes perturbations est bien plus élevée en latitude que dans l'hiver; il paraît que le 80e ou le 82e degré serait la limite extrême des grandes tempêtes estivales, et le 60e ou 65e celle des tempêtes hibernales. Dans ces contrées polaires, il règne des calmes plats pendant des mois entiers, tandis que les tourmentes règnent dans les régions plus méridionales [2].

33. Voici un aperçu des lignes isobarométriques, telles que l'observation les donne. Berghauss, ayant indiqué dans son atlas, d'où nous tirons ce tableau, les amplitudes des oscillations en lignes du pied de roi, nous pensons utile de conserver cette ancienne mesure; nous y joignons leur valeur en millimètres.

Latitude où se trouvent les mêmes amplitudes des perturbations accidentelles.

OSCILLATIONS ISOBAROMÉTRIQUES DE		MÉRIDIEN				
		A L'EST de L'AMÉRIQUE.	A L'OUEST de L'EUROPE.	DE L'ALLEMAGNE et de L'ITALIE.	DE LA RUSSIE.	DE LA SIBÉRIE et de L'INDOSTAN.
2 lignes.	mm. = 4,512	15°33′	15° 9′	21°15′	23°36′	»
4‴	= 9,013	23 55′	26 17′	29 38′	31 51′	22°30′
6‴	=13,535	30 27′	34 4′	36 43′	39 2′	35 29′
8‴	=18.047	36 14′	42 14′	43 18′	45 51′	46 34′
10‴	=22,558	41 40	47 8′	49 48′	52 43	57 35′
12‴	=27,070	46 58′	51 4′	56 34′	60 5′	72 23′
14‴	=31,581	52 21	57 47′	64 6′	68 50′	»
16‴	=36,093	58 1	65 22′	73 48′	63 38′	»
18‴	=40,605	64 17	75 27	»	»	»

34. En faisant abstraction des anomalies du mouvement horaire

[1] *Voyages aux Régions Arctiques*, *etc.*, pp. 403-411.

[2] Consultez les *Annuaires* de Saint-Pétersbourg, les *Observations* de Casan, etc.

dans certaines localités, et en ne considérant d'abord que la marche périodique, il semblerait au premier moment que la régularité de l'oscillation barométrique et sa reproduction aux mêmes heures, indiqueraient une dépendance avec la marche du soleil ou au moins avec les effets que produit sa présence; que la connexité de ces phénomènes est une première indication de la route qu'il faut aborder, pour entrevoir l'origine des oscillations barométriques; ce fut la pensée de Laplace. Cette première idée ne peut durer longtemps, car on s'aperçoit bientôt que cette connexité entre la marche du soleil et celle du baromètre ne suffit pas pour établir le lien de cause et d'effet; qu'il ne suffit pas qu'il y ait coexistence entre ces deux phénomènes, pour que l'un soit la cause de l'autre, comme le démontre les perturbations accidentelles, qui paraissent à toutes les heures, par toutes les températures et par tous les états possibles d'humidité. Ce n'est donc que par des intermédiaires que la marche du soleil est liée aux oscillations barométriques, et non par la température ni par la seule production de vapeurs.

35. L'élévation de la température étant l'effet le plus immédiat et le plus régulier de la présence du soleil, on crut avoir satisfait aux exigences d'un phénomène aussi complexe, en créant pour chaque jour des colonnes d'air chaud s'élançant dans l'atmosphère, ou des colonnes d'air froid se précipitant vers le sol, aussitôt qu'il avait cessé d'envoyer ses rayons échauffants. Cette hypothèse ne peut se soutenir en présence des faits; non-seulement la plus grande amplitude horaire ne répond pas aux journées les plus chaudes, mais elle ne peut s'appliquer en aucune façon au *minimum* de la nuit; car personne n'admettra, je crois, la supposition de Ramond, que de minuit à 4 heures du matin, la température se relève assez pour produire les colonnes ascendantes dont il a besoin. Maintenant qu'on a des observations plus suivies des hauts sommets et qu'on sait qu'il y a une nouvelle dépression vers 6 heures du matin, comme MM. Kæmtz, Bravais, Martins, mon fils et moi l'avons observée sur le Faulhorn, il faudra donc créer un nouveau courant ascendant à l'heure la plus froide de la nuit.

La théorie des vents ascendants ne peut se soutenir un instant devant

les observations, comme elle ne peut se soutenir devant les expériences.

36. M. Dove a voulu expliquer les variations diurnes par de tout autres principes. En examinant séparément la tension de la vapeur d'après les indications de l'hygromètre, et retranchant cette tension de celle de l'atmosphère échauffée par le passage diurne du soleil, il en conclut la tension de l'air sec. En traçant les courbes de ces deux tensions élastiques, il observe, dit-il, une période de 24 heures de telle façon, que la tension élastique de la vapeur atteint son *maximum* en même temps que la pression atmosphérique est à son *minimum*. Il en déduit que le phénomène des oscillations diurnes est tout simplement un phénomène d'interférence des deux courbes, analogues aux marées des quadratures de la mer. Du reste, il admet aussi les courants ascendants produits par l'élévation de la température et la production des vapeurs [1].

37. L'hypothèse de M. Dove ne nous paraît pas recevable pour plusieurs raisons; d'abord, l'hygromètre sur lequel s'appuie cet auteur, est l'instrument le plus limité de la météorologie; il n'indique que l'humidité des couches d'air qui le touchent immédiatement, et encore il n'en indique pas les quantités absolues, mais celles pour lesquelles son affinité l'emporte sur celle de l'air, à une température donnée. Les indications de cet instrument n'ayant de valeur que pour les couches inférieures, au milieu desquelles il est plongé, on ne peut les appliquer à aucune épaisseur de l'atmosphère, dont rien n'indique la similitude d'humidité, pour en déduire ensuite une pression plus ou moins grande. En outre, cette hypothèse exigerait trois causes distinctes pour l'explication de trois faits semblables, ne différant entre eux que par l'époque et par la latitude. En admettant que les interférences des tensions aqueuse et aérienne puissent, contre l'évidence, produire les oscillations horaires, il en faudra une autre pour les oscillations accidentelles, qui ne suivent ni la marche de la température, ni celle de l'hygromètre. Enfin, il en faudra une troisième pour les différences de pression suivant la latitude, et changer la marche de ces

[1] *Journ. de l'Institut*, 1842, n° 420, p. 15.

interférences pour les hautes montagnes; c'est trop de *causes* pour des phénomènes semblables, qui ne diffèrent que par le temps ou l'espace. Nous pourrions encore opposer à cette hypothèse la faiblesse de l'influence de l'humidité, décroissant dans une progression géométrique [1], si une autre cause beaucoup plus puissante ne venait se joindre à la présence des vapeurs dans l'atmosphère. Du reste, l'inspection seule du tableau de M. Dove, que nous avons reproduit § 19, suffit pour constater que les faibles différences de pression que produirait l'interférence de ces deux causes, ne peuvent rendre compte des grandes perturbations accidentelles.

CHAPITRE III.

DES VARIATIONS DE LA PRESSION SUIVANT LA LATITUDE.

38. La différence de pression suivant la latitude a paru tellement extraordinaire, que des auteurs d'un mérite reconnu l'ont d'abord contestée et l'ont attribuée aux discordances des baromètres. Dans un travail fort remarquable, M. Schouw [2] a coordonné un grand nombre d'observations sur la pression atmosphérique au niveau des mers; il les a discutées, il les a corrigées autant que possible des hauteurs, de la température et des causes accidentelles : de ce travail consciencieux il est résulté la certitude qu'il y a une différence fort notable dans la pression au niveau de la mer, le long d'un même méridien, et que cette pression présente même des anomalies dans un parallèle à l'équateur, suivant les observations de M. Ermann. Ce fait, jugé par les seules lois de l'hydrostatique, n'est pas compréhensible; on ne peut admettre que la surface des eaux ait ses collines et ses vallées, comme la croûte solide du globe, et que des localités peu distantes les unes des autres aient des hauteurs différentes.

[1] Bravais, journ. *l'Institut*, 1842, n° 453, p. 310.
[2] *Ann. Poggend.*, t. XXVI, pp. 395-445, *Ann. ch. phys.*, t. LIII, p. 113.

39. La coordination qui donne ce résultat, provenant d'observations faites avec des baromètres qui n'ont pas été comparés pour la plupart, il règne des incertitudes pour un certain nombre d'entre elles ; cependant, quelles que soient ces incertitudes, lorsqu'on examine les tableaux qu'en ont faits MM. Schouw, Moreau de Jonnès [1], Kæmtz [2], sir John Herschel [3], Ermann [4], etc., on trouve que la pression atmosphérique augmente irrégulièrement de l'équateur jusque vers le 33me degré de latitude; qu'elle diminue ensuite quelque peu et oscille dans des nombres rapprochés jusqu'au 45me degré; puis, la diminution reprend sa marche un peu plus décidée jusqu'au 60me degré, et s'accélère enfin jusqu'au 64me, où elle paraît s'arrêter pour remonter ensuite, probablement jusqu'au pôle, sans interruption.

40. En réduisant toutes les pressions à zéro et au niveau de la mer, M. Schouw a formé le tableau suivant avec les moyennes provisoires qu'il a obtenues ; M. Berghauss les a depuis corrigées de la pesanteur en partant du parallèle entre l'équateur et le pôle [5].

LATITUDES.	HAUTEURS MOYENNES du baromètre, réduites à zéro et au niveau de la mer.	
	NON-CORRIGÉES de LA PESANTEUR.	CORRIGÉES de la PESANTEUR.
	mm.	mm.
0°	760,215	758,252
10	761,535	759,495
20	763,599	762,087
30	764,725	763,734
40	762,471	762,132
45	762,245	762,267
50	760,215	760,535
55	760,305	760,982
60	756,851	757,801
65	751,191	752,509
70	753,447	754,935
75	756,851	758,525

[1] *Histoire phys. des Antilles*, 1822, t. I, pp. 106, 406 et suiv.

[2] *Météorologie*, t. II, p. 292.

[3] *Bibl. univ.*, 1836, n° 5, t. II, 145.

[4] *Compte rendu*, *Ac. sc.*, 1842, t. XV, p. 214.

[5] *Atlas de géographie physique*, texte p. 58.

Les observations manquent au delà du 75me degré, mais il est naturel de penser qu'il ne survient pas de nouvelles causes de perturbations entre cette latitude et le pôle, qui puissent en changer le signe. La pression doit augmenter par l'abaissement continu de la température, la diminution des vapeurs et les faibles changements que doit subir l'atmosphère. La courbe que M. J. Forbes en a tracée dans son mémoire exprime bien les indications de ce tableau [1].

41. Lorsque l'on compare la hauteur barométrique avec la marche des alizés, on voit que la moindre pression n'est pas à l'équateur même, mais dans la zone intermédiaire des deux alizés, et qu'elle varie avec elle ; elle monte par les alizés et atteint hors de ceux-ci une hauteur considérable. Voici un nouveau tableau que donne M. Schouw d'après Spencer [2].

LATITUDES.	ÉPOQUES.	BAROMÈTRE corrigé.
		mm.
De 18° à 24 $\frac{1}{2}$ mérid. hors des alizés . . .	1 au 6 décemb.	760,967
2° sept. — 18° mérid., alizé Sud-Est . .	7 au 13 »	758,400
4 à 5° boréale, entre les deux alizés . . .	14 au 15 »	755,883
Du 6 au 14° boréale, alizé Nord-Est. . .	16 au 19 »	758,400
Du 17° au 24 $\frac{1}{2}$ boréale, hors des alizés . .	20 au 23 »	763,737
Du 26 au 28° boréale, hors des alizés . .	24 au 26 »	767. 55

Quelles que soient les erreurs partielles qu'on ait pu commettre dans la formation de ces tableaux, l'ensemble de ces observations indique avec certitude une marche croissante et décroissante des pressions le long d'un méridien, marche qui n'est nullement en rapport avec les effets ordinaires de la température et du vent.

42. Les observations que M. A. Ermann [3] a rassemblées sur les pa-

[1] M. Coupvent-Desbois a trouvé au niveau de la mer, aux environs du Cap Horn, une moyenne de 740mm.

[2] Daniell, *Météor. essays, etc.*, p. 348.

[3] Poggendorff, *Annal.*, t. XXIII, pp. 134 et suiv.

rallèles à l'équateur, dénotent d'assez grandes différences dans la pression de l'atmosphère sous les mêmes latitudes. Ces différences prouvent combien l'influence de l'exposition et des causes locales est considérable dans ce phénomène. Ces différences, il est vrai, se rapportent aux localités dont les unes sont au centre des continents, dans des contrées arides ou élevées, ramenées par le calcul au niveau de la mer, tandis que les autres sont au milieu des mers, ou près d'elles. Enfin, il a trouvé que la pression à latitude égale, était de $3^{mm},50$ plus forte sur l'Océan Atlantique que dans la Mer Pacifique [1]. En réunissant les documents les plus certains, on a formé des lignes *isobarométriques*, comme on a formé des lignes *isothermes*. Les indications de ces deux ordres de phénomènes peuvent être représentées par deux courbes, dont l'une indiquerait la température ou la pression moyenne des localités, et l'autre la même amplitude dans les degrés extrêmes de leurs perturbations thermiques ou barométriques ; la courbe qui représente l'égalité de la température ou de pression doit conserver le nom de courbe ou *ligne isotherme*, ou de courbe ou *ligne isobarométrique :* pour la ligne qui représente l'égale amplitude dans l'écartement des points extrêmes, je propose de la nommer *isodiastase thermique* et *isodiastase barométrique* [2].

CHAPITRE IV.

DES VARIATIONS DANS LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE VERS LA RÉGION DES NEIGES PERPÉTUELLES ET DANS LES HAUTES LATITUDES.

43. Jusqu'à présent on n'a pas considéré la marche du baromètre sur les hauts sommets, ni sous des latitudes élevées, comme formant une courbe séparée et distincte de celle des plaines; on a cherché au

[1] *Comptes rendus de l'Acad. sc.*, t. XV, p. 214.
[2] De Διαστάσις, intervalle, séparation. L'adjectif est *isodiastatique*.

contraire à la ramener à une norme commune, à celle que nous offre l'oscillation régulière des couches inférieures de l'atmosphère, et on s'est contenté de regarder comme des anomalies les inflexions différentes qu'on apercevait. Cependant, dans le cahier de décembre 1833, du *Journal de la Société asiatique du Bengale*, page 615, on trouve un extrait fort intéressant des observations faites par le capitaine Patrick Gérard, pendant un séjour de deux ans, 1819 et 1820, dans les montagnes de l'Himalaya, dans lequel on trouve l'idée d'une courbe différente pour les altitudes considérables. L'auteur de l'extrait, que je crois être l'éditeur de ce journal, James Prinsep, déduit des observations du capitaine Gérard, que l'amplitude de l'oscillation diurne diminue en s'élevant, qu'on peut arriver à une hauteur où elle est nulle, et qu'au delà l'oscillation diurne prend un signe contraire, c'est-à-dire, que le baromètre monte de 10 h. du matin à 4 h. après midi, au lieu de descendre. Il espère trouver ce résultat dans les papiers mêmes du capitaine Gérard, ou dans ceux de son frère, qui s'est élevé à 5,181 mètres, le baromètre à la main.

44. La différence des courbes barométriques des hautes cimes me frappa vivement lors du séjour que nous fîmes, mon fils et moi, vers la fin de juillet et au commencement d'août 1842, sur la montagne du Faulhorn. Dès le troisième jour, il me parut évident que la pression atmosphérique à cette hauteur avait une marche particulière, opposée à celle de la plaine, que ni la grêle, ni la neige, ni les vents, ni les orages que nous avons éprouvés pendant les journées des 27, 28, 29, 30 et 31 juillet 1842, n'avaient pu masquer. Les observations ultérieures vinrent confirmer ce premier aperçu, et la différence des courbes ressortit mieux encore, lorsque je pus comparer la marche du baromètre observé simultanément à Brientz et sur le Faulhorn.

45. Ce fait une fois bien constaté, et il l'était déjà par les observations antérieures de MM. Gérard, Prinsep, Kæmtz, Forbes, Bravais et Martins, si les principes qui m'avaient dirigé dans la recherche des autres oscillations étaient justes, ils devaient également me mettre sur la voie de cette nouvelle variété de la pression atmosphérique; ils de-

vaient surtout rendre compte des énormes perturbations de la zone polaire, tout en conservant leur analogie avec les perturbations moins pétulantes des cimes glacées. Ces principes ne me faillirent pas, et leur application fut si facile à saisir, qu'ils me permirent de prévoir les phénomènes futurs et le genre d'altération qu'ils devaient subir. Je ne puis douter que cette nouvelle courbe ne soit confirmée par les observations ultérieures.

46. Les observations qui indiquent cette troisième courbe dans la pression atmosphérique, sont trop peu nombreuses pour espérer qu'elle puisse être tracée actuellement avec l'approximation de l'oscillation horaire des plaines; aussi est-ce comme essai que nous en indiquons les limites, en laissant aux observations ultérieures le soin de nous rectifier. Quoiqu'il y ait dans la marche de la pression au-dessus des cimes élevées et dans celle des hautes latitudes, une analogie réelle, dépendant du même principe, cependant les causes secondaires sont tellement puissantes, au delà du cercle polaire, qu'il est nécessaire de les considérer séparément pour mieux apprécier et leurs ressemblances et leurs différences, et faire ainsi la part de chaque météorologie.

47. La plupart des observateurs qui gravissent les hautes montagnes isolées, et principalement ceux qui les gravissent jusque sur leurs crêtes, n'y séjournent pas assez longtemps pour en rapporter des observations propres à la solution de la question qui nous occupe; après un repos de quelques heures, ces voyageurs rentrent dans les régions inférieures, où il y a des abris et des moyens de s'y nourrir. Ces courts passages ne peuvent faire connaître les variations que subit la pression atmosphérique; ils ne sont propres qu'à déterminer l'altitude de ces cimes et quelques phénomènes locaux. Ainsi, de Saussure, qui a souvent gravi de hautes montagnes, n'a pas fait de séjour assez prolongé sur des crêtes tout à fait isolées; lorsqu'il a atteint ces dernières, il n'y est resté que quelques instants, pour en redescendre aussitôt. Le séjour qu'il a fait au Col du Géant est le seul qui soit de quelque utilité pour cette question. Il en est de même de Deluc, de Ramond et

des autres voyageurs; ils n'ont pu recueillir rien de bien défini sur cette courbe, atteignant rarement les cimes isolées et les limites des neiges perpétuelles, où ils ne restaient qu'une heure ou deux.

48. M. d'Aubuisson, dans un beau et consciencieux travail qu'il a publié en 1810, a rassemblé quelques documents utiles en comparant la marche des baromètres entre Turin et le couvent du St-Bernard, du 23 juillet au 15 août 1809. Il a trouvé qu'à Turin le baromètre réduit à zéro étant :

	A 8 H. DU MATIN,	A MIDI,	A 4 H. DU SOIR,
	—	—	—
à	735mm,87	735mm,76	734mm,97
il était au St-Bernard à	566mm,87	566mm,88	566mm,95.

La température était dans la première ville :

à	21°,56	26°,2	26°,1
au couvent elle était à	7°,5	9°,6	9°,7.

Ainsi pendant qu'à Turin l'oscillation horaire s'exécutait, l'ascension était croissante au couvent du St-Bernard, depuis 8 h. du matin jusqu'à 4 h. de l'après-midi.

49. Dans les basses latitudes, on trouve des villes, comme Potosi, à des hauteurs considérables (4166 mètres), on trouve même une habitation pendant l'été jusqu'à 4792 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est la maison de poste d'Ancomarca; mais près de l'équateur, la température est si élevée et si régulière dans son ascension, que les vapeurs des plaines montent facilement et portent très-haut leur météorologie. Il faut donc s'élever considérablement dans cette région, avant de trouver le même produit d'altitude que dans nos régions tempérées; ainsi à Quito, à 2908 mètres, la courbe n'est point encore fixe dans sa nouvelle direction, elle varie beaucoup d'un jour à l'autre, tantôt le *minimum* du soir répond à celui des plaines, tantôt il s'en éloigne et même il est remplacé par un accroissement de pression; il en est de

même de celui de la nuit. Ce dernier semble même s'accroître à Santa-fé-de-Bogata, tandis qu'il s'affaiblit sur le plateau de Mexico.

50. Il ne faut pas non plus comparer la météorologie d'un large plateau élevé avec celle d'une crête isolée ; la haute température qu'acquiert le premier le fait rentrer, sous ce rapport, dans la ligne des plaines, et il ne conserve son analogie avec les secondes que dans ce qui est dépendant de la raréfaction de l'air; ce n'est donc pas d'après la hauteur réelle qu'il faut étudier ce phénomène, mais d'après la proximité des neiges perpétuelles et la topographie du lieu. Ce n'est même qu'au delà de cette limite que la courbe spéciale aux crêtes isolées se dessine nettement et offre un caractère tout spécial : au-dessous de cette limite la pression varie beaucoup, et prend tantôt le caractère des plaines, tantôt celui des régions neigeuses, suivant l'état du ciel et la température. Près de l'équateur, la limite des neiges perpétuelles étant à 4800 mètres, c'est donc à cette hauteur au moins qu'il faudrait résider quelque temps, pour répondre à une hauteur de 2500 mètres dans les Alpes suisses.

51. La plupart des observations de ce genre ayant lieu très-près de la limite des neiges perpétuelles, dans les couches qui reçoivent tantôt plus, tantôt moins les vapeurs des plaines, elles offrent alors une grande variété de courbes difficiles à analyser. Le moyen le plus simple que nous employons pour séparer ce qui appartient aux influences locales, de ce qui provient des causes accidentelles et passagères, c'est de tracer une ligne droite sur la courbe de midi à midi, ou de minuit à minuit, et de ne juger des inflexions que d'après cette ligne ou des lignes parallèles qu'on peut tirer au-dessus et au-dessous. L'inclinaison de cette ligne répondant à la marche croissante ou décroissante des causes perturbatrices, laisse presque toujours apercevoir l'influence du lieu de l'observation dans les oscillations de la courbe. Nous prendrons pour exemple la pression atmosphérique du Faulhorn du 4 août astronomique 1842. Le mouvement ascensionnel de cette journée étant considérable, il voile la marche normale, si on regarde la courbe telle qu'elle se présente sur le papier tenu droit; mais en

traçant une ligne droite de 0 h. à 0 h., on retrouve la marche ascensionnelle de l'après-midi et le *minimum* de 18 h.[1]. Au delà du cercle polaire, les perturbations sont si grandes et si brusques, que ce moyen est très-souvent insuffisant, et l'on ne peut séparer les influences normales de celles qui sont accidentelles.

52. Parmi le petit nombre d'observateurs qui ont fait un séjour prolongé dans la région des neiges perpétuelles ou sur sa limite, nous devons citer d'abord M. Kæmtz qui a séjourné deux fois sur le Faulhorn, chacune pendant un mois environ; ensuite M. Forbes en 1832; puis en 1841 MM. Bravais et Martins ont séjourné du 16 juillet au 8 août sur le même sommet; enfin en 1842, mon fils et moi, nous y avons fait un séjour de 11 jours, du 26 juillet au 6 août, et M. Bravais du 1er au 18 août, ce qui donne encore une série de 24 jours. Il est fâcheux que ces séries d'observations appartiennent toutes aux mêmes mois d'été, et laissent ainsi désirer des observations faites pendant d'autres mois.

Cette montagne est favorablement placée pour ce genre d'observation; son sommet isolé de toutes parts, domine les gorges et les vallées qui l'entourent. Elle est située par 46° 40′ 34″ de latitude, d'après les mesures du professeur Trechsel de Berne, et environ 5° 39′ 32″ de longitude géographique; elle a au Nord la profonde vallée de Battenalp, au NO. celle moins profonde du Sagisthal; au SO. celle du Buesalp, au SSE. celle de Grindelwald, et enfin à l'E. la gorge qui la sépare du Brienzer-Berg et du Gems.

De l'E. au SO., par le N., son horizon s'étend sur un rayon de 8 à 10 myriamètres, et n'est limité qu'entre le SO. et l'E. par les sommets de cette chaîne de hautes montagnes d'où s'élancent la Jung-Frau, les Eigers, le Viescherhorner, le Finsteraarhorn, le Schreckhorn, le Wetterhorn, le Wellhorn et le Sustenhorn; mais ces divers sommets laissent un espace entre eux et le Faulhorn qui varie de 16 à 30 ou 40 kilomètres; sa hauteur est de 2672 mètres au-dessus de la mer et à 2100 mètres environ au-dessus du lac de Brientz.

[1] Voyez figure 15.

53. En classant le peu de documents que nous possédons sur l'oscillation horaire des hautes montagnes et celle des pics élevés au-dessus des neiges perpétuelles, on trouve en général que le *minimum* de la nuit s'efface peu à peu; qu'il est d'abord remplacé par une ligne droite sur la ligne ascendante du soir au matin; puis, lorsqu'on s'élève davantage, cette dernière s'aplatit, du moins dans la moyenne, car sur la limite de ces deux courbes, une température plus ou moins élevée, un ciel couvert ou serein, un vent du S. ou du N., font passer l'oscillation vers l'une ou vers l'autre de ces courbes, et l'on trouve de brusques variations dans la marche du baromètre.

54. En continuant de s'élever, lorsqu'on entre dans la limite des neiges perpétuelles, la courbe horaire de la nuit redescend, depuis 12 h. jusqu'à 18 ou 19 h.; sur le Faulhorn, par exemple, la courbe normale descend de plus d'un millimètre le matin; son *minimum* est entre 18 et 19 h. (6 et 7 h. du matin), tandis que dans les plaines voisines, on retrouve rarement des vestiges du *minimum* de la nuit, et encore le *minimum* des sommets arrive deux heures plus tard que le *minimum* tropical; il ne peut donc appartenir à la même cause. Ce mouvement descendant est d'autant plus marqué, que la température a été plus haute la veille dans les vallées voisines, et qu'une partie des vapeurs qui y ont été formées a dépassé le lieu de l'observation, dans une épaisseur que nous essaierons d'apprécier. Je serais disposé à croire que, pendant les mois d'hiver, cette courbe régulière d'un mouvement ascendant pendant toute la durée du jour, et d'un mouvement descendant pendant la nuit, s'atténue beaucoup, et que les perturbations de la pression atmosphérique rentrent sous les seules influences variables du courant supérieur, comme on les retrouve dans les hautes latitudes.

55. Le *minimum* tropical de l'après-midi, plus constant que celui de la nuit, s'efface enfin peu à peu en s'élevant dans l'atmosphère. Lorsqu'on approche de la limite des neiges perpétuelles, ce *minimum* a disparu, et il est remplacé en premier lieu par une ligne droite ondulée, puis par une courbe notablement ascendante. En nous repor-

tant encore aux observations du Faulhorn, on trouve que de 19 h. (7 h. du matin), la courbe monte jusque vers 9 h. du soir, où elle est un instant stationnaire, pour redescendre lentement d'abord, puis plus rapidement, à partir de minuit, jusqu'à 18 h. A 4 h. de l'après-midi, elle est de plus d'un millimètre plus haute qu'elle n'est à 20 h. A Brientz, au contraire, au bord du lac qui en baigne la base, le *minimum* du soir est généralement très-abaissé, tandis que celui du matin est insensible ou presque toujours remplacé par un petit *maximum* [1].

56. Tout en rejetant les explications de M. Kæmtz, nous devons inscrire ici le résultat de ses propres recherches. « Plus nous nous élevons, dit-il, t. II, p. 279, plus les oscillations diminuent : il arrive un point où l'influence de la chaleur est égale à l'oscillation, de telle sorte, qu'à ce point les oscillations disparaissent complétement, dans le jour, dans les localités les plus élevées; le mercure monte l'après-midi au 45e degré de latitude; la hauteur à laquelle disparaissent les oscillations est au moins à 1250 toises (2436^{m},3), car sur le St-Bernard, d'après 53 mois d'observations, le baromètre remonte de 21 à 3 h., de 0''',017 (0^{mm},03835). M. de Humboldt croit qu'entre les tropiques, l'élévation au-dessus du niveau de la mer n'a aucune influence sur ce phénomène, ou du moins que les heures tropicales n'en éprouvent pas d'altération; tandis que M. Bouvard déduit des observations mêmes de M. de Humboldt, à Quito et à Antisana, et de celles de Caldas à Santa-fé-de-Bogota, que sous les latitudes les moins élevées, on reconnaît l'influence de la hauteur sur la diminution des oscillations. »

57. Dans les observations que De Saussure a faites dans son troisième voyage au Col du Géant, on voit que l'ascension du matin s'est prolongée jusqu'à 2 h., qu'il y a eu un abaissement de 2 h. à 4 h., que la courbe s'est maintenue presque droite jusqu'à 6 h., pour remonter ensuite jusqu'à 8 h. du soir, heure où cessaient ses observa-

[1] Voyez les figures 15 et 16.

tions ; mais comme on retrouve la courbe du lendemain à 20 h. de beaucoup au-dessous du point de la veille, sans pouvoir dire quelle est la descente totale, puisque l'ascension a pu monter au delà de 8 h., il y a donc eu un grand abaissement pendant la nuit, et il n'avait point encore disparu à 20 h. (8 h. du matin).

On voit au contraire, que les courbes des mêmes heures de Chamouni et de Genève donnèrent, la première une légère ascension entre les deux points 8 et 20 h., et la seconde une ascension plus prononcée. Dans ces deux dernières localités, on observe aussi un mouvement descensionnel de 20 h. à 4 h., tandis qu'au Col du Géant, il y a un mouvement ascendant de 20 h. à 2 h., et pendant 2 h. seulement, un petit mouvement descensionnel. La courbe du Col du Géant représente un peu le *minimum* du soir des plaines avec quelque retard ; il a fallu du temps aux vapeurs de la journée pour atteindre et dépasser cette hauteur (l'altitude du Col du Géant est 3,426 mètres) ; elles ont reproduit le grand *minimum* du matin que nous avons observé sur le Faulhorn. Il ne faut jamais oublier que ces ascensions ont toujours lieu dans l'été et pendant les journées les mieux choisies pour atteindre les sommets avec sécurité. Ces observations sont donc entachées des altérations qu'éprouve la marche normale et annuelle par la présence des vapeurs diurnes qui arrivent et dépassent ces hauteurs.

58. La courbe de l'hospice du Grand-S[t]-Bernard tient de la plaine et de la montagne élevée : sa position, dans une gorge, lui donne les vapeurs analogues aux plaines, et son élévation de 2,491 mètres, lui donne l'indice de la dépression nocturne du Faulhorn ; on y retrouve le *minimum* du soir affaibli et celui du matin augmenté. Très-souvent même, et principalement dans les mois du printemps et de l'été, on trouve plus de pressions ascendantes entre 21 et 9 h. que de pressions descendantes ; telles ont été ces saisons, pendant les années de 1826 à 1830, tandis que pendant l'automne et l'hiver, le *minimum* a repris quelque empire. Malgré le désavantage de cette position, on retrouve dans cette localité des courbes mensuelles ascendantes de 6 h. du matin à 9 h. du soir ; d'autres qui sont ondulées ou presque

droites, enfin, le *minimum* du soir reparaît dans quelques-unes.

59. La pression atmosphérique à une hauteur de 2700 mètres, c'est-à-dire, à une hauteur que la plupart des vapeurs de la plaine n'atteignent pas cette pression, disons-nous, paraît devenir indépendante des vapeurs inférieures, et plus on s'élève, plus la courbe se différencie de celle des plaines. La courbe de la pression à cette hauteur se rapproche de celle des hautes latitudes, comme nous le verrons, mais avec une modification dépendante de la densité des vapeurs au delà du cercle polaire, au niveau des mers et des autres circonstances qui en dépendent. Nous verrons que le courant tropical, que ce courant qui s'avance journellement des zones tropicales vers le cercle polaire, joue un rôle important sur toutes les couches de vapeurs qui sont interposées entre lui et la surface du globe. Nous n'avons point à discuter ici son existence, elle ne peut être mise en doute par aucun observateur, et les vents alizés sont des preuves constantes de son existence. (*Voyez* §§ 15 et 16.)

60. Si l'on ne considérait que les mêmes altitudes, on trouverait de nombreuses anomalies dans les observations, mais nous avons déjà averti qu'il fallait estimer la position des localités par leur proximité de la limite inférieure des neiges perpétuelles, et non par une même élévation au-dessus du niveau de la mer. Nous avons insisté aussi sur l'exposition du lieu d'observation, nous l'avons indiqué comme devant être isolé et non dominé par des cimes rapprochées, qui sont des points terrestres qui agissent de haut en bas, comme nous le dirons plus loin, et surtout qu'il ne fasse pas partie d'un plateau. Intermédiairement à ces limites, on trouve des courbes ondulées à des degrés fort différents : ainsi, il arrive souvent que celles qui représentent la pression au niveau de la mer, ont moins d'amplitude dans leur écartement, que celles qui représentent la pression d'un lieu plus élevé. M. Dalmahoy à Kotagherry, à 1953 mètres au-dessus du niveau de la mer, a trouvé entre le soleil levant et midi une ascension plus grande que celle trouvée à Poona, par le colonel Sykes, à 600 mètres d'altitude, et plus grande encore que celle de Madras, observée par

M. Goldingham, près du niveau de la mer. Celle de Poona était elle-même plus grande que celle de Madras. M. de Humboldt avait déjà remarqué que l'oscillation avait plus d'étendue à Caracas à 936 mètres qu'à Cumana; il n'en avait pas moins reconnu que l'étendue des variations diminue un peu en s'élevant, au point que sur le plateau de Bogota, la différence entre les *maxima* et les *minima* à 2660 mètres, n'est plus que de $0^{mm},16$. Il dit aussi qu'à la ville de Quito, à 2908 mètres, située dans une vallée étroite et adossée au volcan de Pichincha, le mouvement ascendant se continuait jusqu'à près de midi, et la marche descendante durait jusqu'à minuit[1].

61. La courbe particulière qui représente la pression atmosphérique dans la région des neiges perpétuelles ne peut laisser de doute; il suffit de comparer les observations de De Saussure, de MM. Kæmtz, Forbes, Bravais, Martins et les nôtres, pour y retrouver une marche complétement inverse à celle des plaines subjacentes. Ainsi, lorsque la courbe descend rapidement à Brientz dans l'après-midi, elle monte rapidement sur le Faulhorn : si la courbe descend moins profondément à Brientz, elle s'élève moins sur la montagne, et, la nuit, le *minimum* est d'autant plus grand sur le Faulhorn, que son ascension a été plus considérable pendant le jour; tandis qu'à Brientz, la courbe revient en oscillant au point du départ sans reproduire le *minimum* tropical. Nous aurons donc à considérer dans la seconde partie ces différences et à en rechercher la cause.

62. Nous ferons remarquer que Brientz n'est pas la localité la plus convenable pour faire des observations simultanées avec celles que l'on fait sur le Faulhorn; son encaissement entre deux rangs de hautes montagnes, soumet cet endroit à des influences de haut en bas, contraires à ce qui se passe dans les plaines découvertes. Nous préférons l'extrémité Est du lac de Thoun, aux premières maison d'Unterseen, parce que cette localité est plus libre des influences latérales et plus semblable aux plaines ordinaires.

[1] T. III, p. 288.

63. En s'avançant vers les latitudes élevées, le *minimum* de la nuit disparaît le premier; à Paris, on trouve autant de moyennes annuelles avec le signe *plus* +, qu'avec le signe *moins* —. De 1816 à 1826 inclusivement, M. Bouvard cite six années dont la moyenne a donné un signe *moins* — et cinq un signe *plus* +, et la moyenne de ces onze années donne — 0mm,008. C'est, comme l'on voit, être à peu près sur la ligne droite. Le *minimum* de l'après-midi se prolonge jusqu'au 64 ou 65e degré de latitude, où il disparaît complétement. Le tableau rapporté dans le chapitre précédent, démontre non-seulement l'affaiblissement et la disparition du *minimum* du soir, mais la marche en sens inverse comme celle que nous avons constatée, sur les montagnes élevées.

64. Les documents des hautes latitudes sont un peu plus nombreux que celles des grandes altitudes; cependant leur nombre est loin d'être suffisant pour tracer une courbe certaine. Leur grand nombre est d'autant plus nécessaire, que les perturbations accidentelles sont puissantes et cachent plus souvent la marche normale de la région. Les documents les plus étendus que nous possédons sont ceux du capitaine John Ross; malheureusement, il faut les accueillir avec réserve. Si nous comparons les courbes mensuelles qui ressortent de ses observations de 1830 et 1831, on trouve que sept mois sur douze donnent une marche ascendante de 9 h. du matin à 5 h. du soir, et conséquemment une marche descendante de 5 h. du soir à 9 h. du matin. Trois ont leurs lignes droites ou très-peu ascendantes, et deux, juin et décembre, ont une ligne descendante de 9 h. du matin à minuit, ce qui n'est plus le *minimum* tropical. Cette conséquence des observations du cap. Ross est heureusement confirmée par les observations du cap. Parry [1] à Port-Bowen (73° 13′ 39″, 39 de latitude), par celles de la commission scientifique du Nord, faites à Thorshaven (62° 2′ 43″), et par celles de M. Martins à Magdalena-Bay (79° 33′ 44″), qui donnent une ascension moyenne l'après-midi de 0mm,35, enfin par les observations comparées de quelques villes de la Russie, qui donnent des mois

[1] *Troisième voyage*, appendice.

avec ascension et d'autres avec un léger *minimum* (voyez l'Annuaire de St-Pétersbourg pour l'année 1839).

65. Quelque peu nombreuses que soient ces observations, il en résulte cependant que la courbe des sommets élevés et celle des hautes latitudes ne concordent pas avec celle des plaines, et qu'une partie des variations de cette dernière provient de la présence des vapeurs diurnes et des transformations qu'elle subit. Ces vapeurs n'atteignant pas les hauts sommets, ne peuvent en influencer la pression; de même la basse température des hautes latitudes s'opposant à leur formation, ou ne la permettant que dans des limites fort restreintes, le résultat est le même; il y a donc dans les hautes latitudes et sur les sommets élevés peu de vapeurs diurnes, et l'une et l'autre région se trouvent plus rapprochées du courant tropical, l'une par l'abaissement de ce courant même, l'autre en s'élevant jusqu'à ses limites: c'est à cette absence ou à la plus faible quantité de ces vapeurs diurnes que sont dues leur ressemblance et leur dissemblance avec les plaines.

CHAPITRE V.

DES DIFFÉRENCES QUE DONNENT LES MESURES BAROMÉTRIQUES.

—

66. Tous les observateurs qui se sont occupés d'hypsométrie, ont constaté que les altitudes barométiques d'un lieu variaient considérablement avec l'heure de la journée, avec les saisons et l'état atmosphérique. Deluc avait remarqué de bonne heure, que les observations simultanées faites dans deux lieux assez rapprochés, mais dont l'un était plus élevé que l'autre, donnaient des hauteurs différentes, suivant l'heure de la journée, et que ces différences n'étaient pas constantes d'un jour à l'autre. C'est en mesurant un certain nombre de points sur le mont Salève, et en multipliant les observations aux heures diverses de la journée, qu'il remarqua la variation des résultats et

qu'il crut que la cinquième partie de la journée était le moment le plus favorable pour cette opération [1]. De Saussure vit aussi que le baromètre n'était pas un mesureur fidèle [2], et qu'il fallait savoir choisir l'heure et le temps propices.

67. Ramond vint ensuite, et la perfection de ses instruments et de sa méthode, lui fit nettement distinguer ce qui était dépendant de l'infidélité de l'instrument, de ce qui appartenait réellement à l'état atmosphérique. Il a, comme ses devanciers, cherché la cause de ces anomalies dans des courants d'air; comme eux, il voyait partout des colonnes ascendantes qui diminuaient la pression, même lorsque la température était basse. Quoi qu'il en soit, c'est l'heure de midi qu'il indique comme celle qui est la plus propice pour obtenir un résultat semblable à ceux de la triangulation, toutes les autres heures donnant, suivant lui, des altitudes trop faibles. En prenant 1000 mètres pour la hauteur obtenue à midi, il trouve :

22 mètres de moins	à	6 heures	du matin;
13 id.	à	8	id.;
16 id.	à	4 heures	du soir:
31 id.	à	10	id.

Ainsi, Ramond prend l'heure qui donne la plus grande altitude barométrique comme celle qui répond le mieux à celle de la triangulation [3].

68. M. d'Aubuisson, dans la 3e partie de son beau *Mémoire sur la formule barométrique* [4], a traité spécialement des altitudes. Ses observations ont été faites entre Turin, Aoste et l'hospice du St-Bernard. Suivant lui, la plate-forme de l'observatoire de Turin, où les observations ont été faites, est à 291 mètres au-dessus du niveau de la mer, Aoste à 321 mètres, et l'hospice du St-Bernard à 2220 mètres au-dessus de l'observatoire de Turin; ce qui donne pour Aoste

[1] *Des modif. de l'atmosphère*, § 518 et suiv. et 595 et 741.

[2] *Voyage aux Alpes*, t. III, § 1256, *Col-du-Géant*.

[3] 2e *mémoire*, *etc.*, 41. 3e *mémoire*, p. 91.

[4] *Journal de Physique*, 1810, t. 70 et 71.

612 mètres, et pour le couvent du St-Bernard 2511 mètres au-dessus du niveau de la mer [1].

L'hospice placé dans un col resserré entre des cimes élevées de plus de 300 mètres, n'est point un emplacement heureux pour l'observation des altitudes, comme nous l'avons déjà dit § 58. Dans la série des observations qui ont été faites dans ces deux localités, la marche du baromètre coïncidant souvent avec celle de la température moyenne, obtenue par la moitié des deux températures réunies, prises à la même heure aux deux stations, il en conclut que l'oscillation du baromètre est dépendante de la marche de la température. Il a trouvé que la température moyenne générale tirée de celle de Turin et de celle du couvent réunies, était de 17°,4. Lorsque la moyenne trouvée dépasse ce point, ou lui est inférieure, le baromètre donne, suivant M. d'Aubuisson, une altitude trop haute ou trop basse. Ainsi la moyenne altitude du couvent au-dessus de l'observatoire de Turin, ayant donné 2217 mètres et 17°,4 de température; le 24 juillet 1809, la température moyenne ayant été de $17°4 + 2 = 19°4$, l'altitude fut de $2217^{m} + 9^{m} = 2226$ mètres; le 25, la température moyenne ayant été de 12°,4, l'altitude fut de 2200 mètres.

69. Si cette coïncidence se rencontre assez fréquemment, il n'est pas rare non plus que le contraire arrive. D'abord, il n'y a aucune proportionnalité entre la quantité ajoutée ou diminuée à la température moyenne et celle de l'altitude obtenue; une petite augmentation dans la moyenne température coïncide souvent avec une grande dans l'altitude, de même qu'on voit une température bien plus élevée, n'avoir pour corrélation qu'une altitude peu supérieure à la moyenne. Mais il arrive encore qu'un abaissement de température coïncide avec une élévation dans l'altitude obtenue, et *vice versâ*. Ainsi, le 1er août 1809, la température moyenne fut de 14°,4 et l'altitude de 2231 mètres, tandis que le 24, avec la même température, l'altitude fut de 2194m. Le 16 août, la température moyenne étant de 19°,4, l'altitude fut de 2203; le 24 juillet, la même température avait

[1] L'*Annuaire du bureau des longitudes* porte 2491 mètres.

donné 2226^{m}. Les heures d'un même jour ont aussi leurs anomalies : ainsi le 6 août à 8 h. du matin, la moyenne étant de 14°,4, l'altitude fut 2201^{m}; à midi, la température moyenne étant la même, l'altitude fut de 2206^{m}. On voit que la coïncidence est trop sujette à erreur pour la faire entrer dans la valeur du coefficient, comme le proposait M. d'Aubuisson.

70. M. Kæmtz s'occupa aussi de la question des heures, et tira des conclusions analogues à celles de M. d'Aubuisson. M. Bravais pense que l'heure de 6 h. du soir donne les meilleurs résultats pour l'époque de ses observations à Brientz et sur le Faulhorn [1]; mais nous avons déjà fait remarquer que la localité de Brientz nous paraissait défavorable pour établir une comparaison sur laquelle on puisse appuyer une règle commune.

Nous ne terminerons pas ce court chapitre sans rappeler un résultat curieux rapporté par le Dr Ermann : c'est qu'un point pris entre Irkusk et Jakusk, dans la vallée de la Léna, qui coule vers la Mer Glaciale, serait plus bas, si l'on en croyait le baromètre, de plus de 60 mètres, à dix degrés même de son embouchure, que la mer d'Ochozk qui communique à la Mer Glaciale par le détroit de Bering. La pression moyenne dans le point intermédiaire des villes d'Irkusk et d'Jakusk serait de 754^{mm},506, tandis qu'elle ne serait que de 749^{mm},139 à Ochozk [2]. Gmelin, dans sa *Flore de Sibérie*, préface, p. 56, cite un résultat analogue entre Bolscherezens dans le Kamtschatka et Ochozk. Du reste, Ramond, dans son second *Mémoire*, cite des différences si grandes dans la mesure altitudinale de Marly-la-Ville au-dessus de l'observatoire de Paris, qu'on ne peut s'étonner des exemples précédents. Il trouva 76 mètres le 1er octobre 1804 et 55 mètres le 3 novembre suivant.

71. Si les exemples précédents ne paraissent pas suffisants, on peut consulter les travaux hypsométriques publiés jusqu'à ce jour; on y trouvera des hauteurs trop grandes ou trop petites aux mêmes

[1] Journal *l'Institut*, 1842, p. 310.

[2] Poggendorff, *Annalen der Physik und Chemie*, t. XVII, p. 337 et suivantes.

heures, par les mêmes vents et par les mêmes températures. Il en est des explications données sur ces anomalies, comme de celle du mouvement horaire; on s'est attaché à un des phénomènes concomitants que l'on a pris pour la cause (voyez plus bas, chap. XIII). La mesure hypsométrique de la Mer Caspienne est un des exemples les plus remarquables de l'influence des circonstances météorologiques : suivant l'heure, le jour ou la saison, la différence du niveau entre cette mer et la Mer Noire, a varié de 0 à 105 mètres. « D'après la fâcheuse expérience, dit M. Lenz, de la comparaison des nivellements géodésiques et barométriques de l'année 1837, on ne peut pas avoir beaucoup de confiance dans la méthode barométrique employée [1]. » Ce même savant a reconnu par 350 observations correspondantes, faites par MM. Mayer et Manne en 1829 et 1830, que plus la différence de température est grande aux deux stations extrêmes, plus la différence du niveau des deux mers semble diminuer; de telle sorte, que la Mer Caspienne paraissait plus élevée que la Mer Noire, quand la différence des températures dépassait 20 degrés [2]. La même incertitude existerait sur le niveau de la Mer Morte, si l'on n'avait des mesures géodésiques, puisque les données barométriques varièrent de 162 mètres à 444. La triangulation du lieutenant Simon, de la marine anglaise, en 1841, a donné une dépression de 427 mètres [3].

72. M. Dalton, en considérant l'atmosphère comme la somme de quatre atmosphères partielles qui ont des densités inégales, en conclut que sa composition n'est pas la même aux différentes hauteurs. Plus tard M. Beuzenberg tira la même conséquence, et dit qu'il faut faire entrer ces différences dans les observations hypsométriques [4]. Ces atmosphères sont :

[1] *Considérations math. sur les nivellements par stations au moyen du baromètre.* BULLETIN DE SAINT-PÉTERSBOURG, t. I, pp. 51 et 63.

[2] *Recueil des actes de l'acad. de Saint-Pétersbourg*, 1836, p. 29.

[3] M. de Humboldt. *Asie centrale*, t. I, pp. 321 et suiv.

[4] *Ueber die Daltonsche Theorie*, par J.-F. Beuzenberg, in-8°, 1830, et Bullet. Ferussac, *Sc. math.*, 1831, XVI, 249.

De Saussure (*Hygrométrie*, § 108-110 et 287-288) n'accorde qu'une pression de 13^{mm},5 à toute

1° Celle de l'azote qui fait équilibre à une colonne de mercure de	574mm,79
2° Celle de l'oxygène	175mm,91
3° Celle de l'acide carbonique	0mm,75
4° Celle de la vapeur d'eau	11mm,37
Les quatre réunies font équilibre à une pression de	762mm,82.

Nous ferons remarquer qu'aucune observation n'a pu faire soupçonner jusqu'alors qu'il y eût jamais un changement suffisant dans le rapport de ces gaz, pour rendre raison de la moindre variation accidentelle, et que cette cause est moins applicable encore aux grandes et subites perturbations atmosphériques que celle de la chaleur.

la vapeur, et, en tenant compte du rapport des poids de l'air et de la vapeur, il ne trouve qu'une pression de 4 à 5mm pour les variations provenant de cette dernière.

DEUXIÈME PARTIE.

DE LA CAUSE LA PLUS PUISSANTE ET LA PLUS VARIABLE DES PERTURBATIONS DANS LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

CHAPITRE VI.

EXPÉRIENCES ET OBSERVATIONS.

73. Ne devant nous occuper de l'air que sous le point de vue météorologique, il peut être considéré comme un fluide homogène et l'on peut faire abstraction de l'acide carbonique et des autres gaz qui s'y trouvent accidentellement. Il n'en est pas de même de la vapeur aqueuse; quoique sa quantité soit peu considérable, elle joue un si grand rôle dans la plupart des phénomènes, que son importance tient le premier rang. Elle le doit à l'influence que lui donnent ses nombreuses transformations et les diverses phases de sa conductibilité électrique.

Lorsque l'air est sec, il est isolant et ne livre passage à aucun écoulement électrique; si ses molécules étaient fixes et cohérentes, il serait un isolant parfait et maintiendrait dans les corps toutes les char-

ges d'électricité qu'on pourrait leur donner; mais les particules d'un fluide étant libres et mobiles, elles facilitent l'enlèvement de l'électricité des corps et leur dissémination, à la manière des corps légers, en se portant jusqu'au contact, s'y chargeant de l'électricité du corps et s'en éloignent ensuite par l'attraction des autres corps, moins chargés qu'elles de cette même électricité; c'est donc par voie de transport que les molécules aériennes peuvent enlever et dissiper l'électricité des corps et non par voie de conduction, comme les métaux et les liquides.

74. L'air pur ne subissant pas de transformation, n'étant pas conducteur, mais seulement transporteur de l'électricité, il n'éprouve de modification, dans le rapport de ses molécules, que celle de la dilatation ou de la condensation, dépendantes l'une et l'autre de la température. Si l'air pur formait toute l'atmosphère, ses altérations seraient donc très-limitées; elles seraient régulières, faciles à saisir; elles se feraient avec lenteur et progression. L'équilibre de pression y serait facilement maintenu, puisqu'il pourrait toujours être rétabli aussi vite que la température pourrait en changer la densité. Les variations de pression dans une telle atmosphère ne pourraient qu'être faibles, si même elles y étaient sensibles; elles ne seraient pas plus appréciables au baromètre que celles des marées atmosphériques, qui donnent toujours le temps à l'équilibre de pression de se rétablir. Ainsi, quoique l'atmosphère soit composée de plus de 98 parties sur 100 d'air pur, la permanence de ce dernier à l'état de fluide élastique, sa dilatation progressive et régulière par la chaleur et son inconductibilité électrique, le rendent passif dans un grand nombre de perturbations atmosphériques; il est subordonné à l'influence des vapeurs et des forces particulières qu'elles ont la faculté de recueillir et de conserver quelque temps.

75. Il en est tout autrement de la vapeur, et quelle que soit sa faible proportion dans la masse atmosphérique, sa muabilité perpétuelle apporte de nombreuses perturbations, non-seulement dans sa propre atmosphère, mais aussi dans la portion de l'air au milieu de laquelle elle est disséminée.

76. La vapeur météorologique n'est point toujours à l'état de fluide élastique, comme celle que l'on étudie dans un manomètre. Dans nos laboratoires, l'étude de la vapeur ne se rapporte jamais qu'à son état de fluide élastique et non à son état globulaire; elle se comporte alors comme les gaz permanents et n'en diffère que par quelques effets secondaires. Dans la vapeur atmosphérique, au contraire, il faut tenir compte, non-seulement de l'état globulaire qu'elle prend avant sa résolution, mais encore des diverses modifications qui précèdent, accompagnent et suivent l'état globulaire, et même son état élastique. Les diverses densités des vapeurs n'ont pas pour seul effet, comme dans nos expériences de cabinet, de produire une simple augmentation dans leur gravité et dans leur tension; elles ajoutent, par le changement qui s'opère dans leur conduction électrique, des modifications nombreuses aux autres phénomènes météorologiques.

77. Les états intermédiaires entre l'état élastique et l'état globulaire, se manifestent par les modifications qu'ils impriment à la lumière. La vapeur opaque est formée, comme on le sait, de petites sphérules qui se groupent en nuages et subissent l'influence d'une basse température en passant à l'état solide. Ces particules gelées n'en restent pas moins suspendues dans l'atmosphère, pendant quelque temps, les unes sous forme de globules de grosseurs différentes, les autres sous forme de spicules ou de prismes réflétant, réfractant et diffractant la lumière de diverses manières; modifications en partie étrangères aux molécules de l'air pur.

78. Mais la qualité la plus active de la vapeur, celle qui apporte le plus de perturbations dans sa propre atmosphère et dans celle de l'air, c'est son aptitude à se charger d'électricité; sa demi-conductibilité facilite tous les changements de distribution électrique dans sa masse et dans celle de l'air qu'elle pénètre; elle facilite le rayonnement électrique par la facile révaporation de ses particules, qui sont à divers états de condensation, en repassant à l'état de pur fluide élastique.

79. Enfin, non-seulement ces qualités particulières aux vapeurs

entretiennent dans leur ensemble des mutations nombreuses et de grandes perturbations dans leur masse, mais encore elles font partager à l'air pur, à l'air isolant, une partie de leur mobilité et de leurs perturbations. L'air en contact avec un tel fluide muable et conducteur, partage ses charges électriques, ses mutations continuelles de tension; il les partage rapidement, parce qu'il est pénétré en tous sens par ce fluide essentiellement mobile et variable.

80. Il en résulte que les mutations, dépendantes des qualités propres à la vapeur, n'apportent pas seulement des perturbations dans la masse de cette dernière, mais qu'elles en apportent aussi dans toute la portion de l'atmosphère aérienne qu'elles pénètrent jusqu'à une épaisseur d'à peu près 9 à 10,000 mètres.

Dans ce qui va suivre, nous prononcerons presque toujours le seul nom de la vapeur, comme si le produit total n'était l'œuvre que de son action; nous agirons ainsi pour plus de clarté et pour plus de précision, parce qu'en réalité, c'est d'elle, c'est de ses transformations que nous déduirons les diverses perturbations aériennes; mais il ne faudra pas oublier que, tout passif que soit l'air, son mélange et son contact avec son inconstante voisine, lui font suivre ses errements; qu'il devient électrique avec elle et par elle, qu'il est attiré ou repoussé comme elle, et qu'enfin partageant son état électrique, il est solidaire des effets d'influence à distance, et des attractions et des répulsions qui en ressortent.

81. J'ai établi dans un mémoire publié dans les *Annales de chimie et de physique* [1], que le globe terrestre était un corps chargé d'une grande tension d'électricité *résineuse*, et que tous les phénomènes qui se passaient à sa surface en éprouvaient de puissantes modifications. J'ai fait voir aussi, dans ce mémoire, que l'évaporation spontanée ne produisait de vapeurs électriques ni à la température ambiante, ni à celle de l'eau bouillante; qu'il fallait que la vapeur s'échappât brusquement du liquide, sous une pression d'au moins une atmosphère et demie, pour qu'elle pût garder l'électricité *vitrée* que donnent les

[1] Troisième série, tome IV.

dissolutions salines; que tel n'était pas le cas de l'évaporation naturelle, et que la présence de l'électricité dans les vapeurs provenait d'une tout autre source. Je démontrai aussi que toute vapeur formée à la surface d'un corps résineux, emporte la même électricité que celle du corps, et que conséquemment la vapeur spontanée qui se forme à la surface du globe est *résineuse* comme lui, ce que l'observation et l'expérience prouvent ainsi que tous les phénomènes subséquents à ce premier effet.

Plus tard, j'ai présenté à l'académie des sciences de Bruxelles, un mémoire sur les brouillards [1], dans lequel j'ai fait voir, comme déjà je l'avais fait dans le précédent, toute l'influence secondaire de la tension résineuse du globe sur les vapeurs chargées de la même électricité, et la mobilité des distributions électriques, suivant l'énergie de la tension du corps voisin, de sa proximité et de la densité des vapeurs. Enfin, dans un dernier mémoire publié récemment dans le 14e numéro des *Archives de l'électricité*, j'ai commencé la coordination des phénomènes de la météorologie électrique.

Nous devons maintenant aller plus loin, nous devons démontrer qu'un des effets les plus immédiats de ces actions d'attraction et de répulsion électriques, est de former une atmosphère plus pesante ou plus légère, et conséquemment qu'elles sont la cause des variations nombreuses qu'éprouve la pression atmosphérique.

82. Si l'on consulte l'électricité atmosphérique à chaque heure du jour, on voit que l'influence du globe baisse depuis 9 h. du matin jusque vers 2 ou 3 h. de l'après-midi, et que dans les jours très-chauds et très-calmes, l'instrument garde zéro près des lieux humides, même en l'élevant de plusieurs mètres, de 1 h. à 3 h.; pendant ce temps, l'hygromètre descend vers la sécheresse, dans un rapport qui concorde avec l'affaiblissement des signes vitrés, ou l'apparition des signes résineux. En comparant la marche du baromètre avec celle de l'électromètre, on voit le premier baisser pendant la diminution des signes

[1] *Mémoires de l'Académie royale de Bruxelles*, t. XV, et *Ann. de ch. et de phys.*, t. VI, p. 129.

vitrés; sa marche est plus rapide, si les signes sont résineux; mais aussitôt que la température diminue, que la vapeur se condense, l'électromètre accuse que la tension vitrée augmente, et le baromètre remonte. Ce dernier, ainsi que l'hygromètre, a baissé d'autant plus que le ciel a pris une teinte d'un bleu plus foncé, celle, par exemple, du second degré du cyanomètre en 16 parties de De Saussure : c'est alors que l'électromètre donne les signes les plus intenses d'électricité résineuse. Telle est la marche ordinaire des instruments, lorsqu'il n'y a pas de perturbations anomales.

83. Ces faits d'observation étant constatés, essayons d'en suivre l'origine, la progression et la terminaison.

Les vapeurs qui s'élèvent à la surface du globe, dans l'état ordinaire, sont *résineuses* comme lui; chaque particule de vapeur est un petit corps libre, indépendant, plongé dans un gaz isolant; chacune d'elles réagit pour son propre compte, à la manière des corps légers. Si leur tension résineuse est égale ou supérieure à celle de la terre, la répulsion de celle-ci les éloigne et les tient dans une couche plus élevée que ne le comporte leur pesanteur spécifique; si elles sont, au contraire, moins résineuses que le globe, elles sont vitrées pour lui, et sont conséquemment attirées; elles s'en rapprochent et se tiennent dans une couche plus basse que ne l'indique leur gravité.

84. Pour démontrer ce qui se passe dans un nuage et se rapprocher du phénomène naturel, il faudrait pouvoir tenir de petits corps au milieu de l'air, de la même pesanteur spécifique que lui, sans supports ni suspensions, afin de leur laisser la faculté de s'étendre dans tous les sens, sans éprouver de résistance étrangère : il faudrait qu'on pût les grouper en volumes d'une certaine épaisseur et les douer d'une puissance d'action capable de les retenir à distance les uns des autres; de telle sorte, que toute altération s'ajoutant à cette force ou la neutralisant en partie, ces corpuscules pussent se repousser davantage ou se rapprocher.

La diffusion des gaz démontre que les forces physiques qui existent entre les molécules d'un gaz, ne sont que peu ou ne sont pas altérées

par les forces physiques d'un autre gaz; que les réactions qui agissent si puissamment entre les molécules homogènes d'un premier gaz, ne sont pas ou sont peu diminuées par les réactions moléculaires d'un second gaz. Il en résulte que, par l'addition ou la soustraction des forces attractives ou répulsives, les molécules intérieures d'un corps ou d'un volume de gaz, reçoivent seules des réactions égales en tous sens, qu'elles seules se trouvent attirées ou repoussées avec une égale énergie dans toute leur périphérie, tandis que celles qui terminent le corps et en forment les limites, ne peuvent éprouver cette réaction uniforme dans leur contour, puisque leurs segments extérieurs ne sont plus soumis aux réactions homogènes de leurs congénères, mais à celles des forces étrangères qui n'ont qu'une puissance très-faible sur ces molécules extrêmes.

85. L'induction électrique démontre aussi qu'il faut une certaine épaisseur, dans un tube de fer doux, pour en obtenir le *maximum* d'effet; que l'insuffisance des réactions extérieures ne s'arrête point à la couche extrême, mais qu'elle se fait sentir jusqu'à une certaine profondeur au-dessous de la surface [1]. Cette insuffisance des réactions extérieures se déduit également de beaucoup de phénomènes lumineux, calorifiques et chimiques, dans lesquels l'épaisseur du corps en modifie le résultat. Si la cause perturbatrice introduite dans un corps ne peut-être repoussée par les réactions égales des molécules intérieures, telle qu'est le calorique, toutes les actions étant altérées à la fois, les rapports de position et de distance des molécules sont modifiés; l'écartement entre les molécules augmente, et il peut augmenter inégalement suivant le plan de la cristallisation de certains corps, c'est-à-dire, suivant leur degré de résistance.

86. Lorsque la cause perturbatrice ne peut résister aux réactions égales des molécules de l'intérieur, telle qu'est l'addition ou la soustraction d'une quantité d'électricité, ce sont les segments extérieurs des sphères éthérées des molécules extrêmes, qui en reçoivent la surcharge ou la sous-charge, ainsi que les modifications qui en résultent.

[1] Voyez les expériences de MM. Barlow, Riess, Haldat, Masson et Breguet, Abria, etc., etc.

Dans ce dernier cas, plus un corps aura de surface, moins les causes perturbatrices pourront changer le rapport des molécules internes, et plus elles auront de facilité pour se répartir dans les segments libres de la périphérie.

87. Ce qui précède fait connaître les difficultés insurmontables qu'on rencontre dans les expériences que nous pouvons tenter pour simuler un nuage. Ne pouvant tenir immergés librement, ni agglomérés, les petits corps avec lesquels nous voulons représenter les particules de vapeur, nous sommes forcés, d'abord, d'y introduire des suspensions qui apportent leur influence comme substance présente, et comme opposition à la liberté des mouvements en tous sens : avec de telles suspensions, on ne peut disposer les corpuscules que sous la forme d'un disque ou d'une lame mince, afin de pouvoir les électriser tous à la fois. Cette disposition lamellaire offre plus de la moitié des segments aux espaces qui réagissent incomplétement ou ne réagissent pas du tout; elle offre ainsi de larges segments libres à la coercition de l'électricité, segments qui ne réagissent en aucune manière sur les rapports des corpuscules entre eux.

88. L'air pur est un isolant parfait, il ne devient conducteur que par l'interposition de la vapeur, c'est-à-dire, par la présence même de la substance qu'on veut étudier et qui est disséminée entre toutes ses molécules. Il faudrait donc opérer dans un air parfaitement sec, afin de représenter par les sphérules les molécules de vapeur du phénomène naturel, puisqu'il s'agit de la vapeur même qui est répartie dans l'atmosphère et la rend conductrice : c'est encore là un obstacle qu'il ne nous est pas donné de vaincre; l'air dans lequel nous opérons est toujours plus ou moins conducteur, par la présence de la vapeur qui y est disséminée, et cette humidité relative s'oppose à toute comparaison rigoureuse avec des expériences qui seraient faites dans un gaz parfaitement isolant.

89. Dans les diverses tentatives que nous avons faites pour étudier les modifications qu'éprouvent les rapports des particules de vapeur, par l'addition ou la soustraction de l'électricité, nous rapporterons

seulement l'expérience suivante, toute grossière et tout imparfaite qu'elle est. On suspend de très-petites balles de sureau à des potences en verre, au moyen de fils de cocon (*ddd* fig. 1re); lorsque ces fils sont dédoublés, leur souplesse y gagne notablement. Un petit filet de gomme laque sépare la sphérule de la soie, pour rendre l'isolement plus parfait; on distance ces sphérules de manière à avoir autant de vides que de pleins, et on ne doit préparer et faire l'expérience que pendant un temps fort sec; la soie par son hygrométricité devient trop conductrice, et le filet de gomme laque se recouvre d'un effleurement humide, si l'on n'opère pas dans les conditions les plus favorables.

90. Pour électriser toutes ces balles à la fois, on lève un disque de métal *A* au moyen d'un manche isolant, ou de gâteaux de résine *B*, jusqu'à ce que toutes ces sphérules reposent dessus; on touche ce disque avec le bouton d'un bouteille de Leyde, et ces sphérules se chargent ainsi instantanément.

Pour charger avec quelqu'intensité ces sphérules, il ne faut pas prendre un disque beaucoup plus grand que le diamètre du groupe; car s'il a un grand diamètre, la plus grande tension étant vers la circonférence, et la plus petite au centre, les balles de sureau ne prendront que la tension du centre. Il faut aussi que le disque soit convexe, afin de donner à toutes les balles une position également saillante; précaution sans laquelle les balles sont très-inégalement chargées d'électricité.

91. Malgré le désavantage de ne pouvoir donner à ce simulacre de nuage que la forme d'un disque mince, offrant en dessus et en dessous de larges segments, où s'accumule l'électricité, cependant ces sphérules ainsi chargées par une même électricité, se repoussent et forment un volume plus considérable que celui qu'elles formaient à l'état neutre. Plus la tension électrique qu'on leur a donnée est puissante, plus l'écartement intersphérique est agrandi, et plus le volume est développé. Il suffit de retirer ou d'ajouter de l'électricité à ce simulacre du nuage, pour en diminuer ou en augmenter le volume. Dans la nature, les particules de vapeur étant groupées, mamelonnées et non ali-

gnées sur un même plan, leurs réactions électriques se font sentir dans tous les sens, et aucune portion de la force réagissante ne peut être perdue, comme elle l'est dans un arrangement plan, n'ayant de surface active que le cercle perpendiculaire à la ligne de suspension : tout le reste de la surface devient non-seulement inutile au phénomène, mais il lui est très-nuisible, en ce que cette surface reçoit toute l'électricité repoussée du cercle équatorial, où elle reste agglomérée sans aucune action sur les électricités des autres sphérules.

92. La suspension des sphérules étant toujours verticale, le rapport de position de ces corps ne peut changer que dans le sens horizontal, et ce changement est encore atténué par l'opposition de la pesanteur. L'influence électrique du corps voisin sur la substance même du fil suspenseur, vient encore éloigner du fait simple que l'on voudrait étudier. Les résultantes que l'on obtient varient donc, suivant la direction et la puissance de l'électricité du corps voisin, et suivant la substance de la suspension et de son état hygrométrique.

93. En prenant toutes les précautions convenables pour agir avec le plus de force possible sur les segments interglobulaires, et en diminuant la répulsion de l'électricité vers les segments extérieurs, on obtient une plus grande répulsion entre ces corpuscules. Cette légère amélioration s'obtient en présentant latéralement le corps chargé de la même électricité; la répulsion diminue si ce corps est chargé d'une électricité contraire. Dans la nature, le globe agit de bas en haut et latéralement dans un sens incliné, mais dans quelque sens que sa force se fasse sentir, elle trouve toujours une épaisseur dans laquelle les réactions sont égales. Cette nouvelle action répulsive pour chaque corpuscule, s'ajoutant à la force répulsive déjà existante des corpuscules entre eux, elle augmente nécessairement la dilatation du corps, ou elle la diminue, si c'est une électricité contraire qui agit. Ces corpuscules, pleins d'aspérités et entourés d'un air imparfaitement sec, rayonnent avec facilité leur électricité vers les surfaces externes du groupe où les réactions sont nulles, et ce groupe cesse en peu d'instants d'avoir des charges électriques assez notables dans chacune de

ses sphérules, pour produire le phénomène de répulsion intérieure.

94. En interrogeant avec un plan d'épreuve ces amas de sphérules, on trouve qu'il a fallu un temps très-court à l'électricité pour subir sa nouvelle distribution : la partie de la *nuelle* en regard du corps influent a pris rapidement une tension contraire, et la partie la plus éloignée a recueilli l'électricité de même nom. Au milieu est un état neutre qui n'a aucune action sur le rapport de position des sphérules. Si le corps voisin est placé au-dessous de la *nuelle*, les segments inutiles supérieurs prennent sur-le-champ toute l'électricité de même nom, et les segments inférieurs celle de nom contraire à la tension de ce corps; tandis que les segments latéraux, les seuls propres à produire l'effet désiré, sont à peu près à l'état neutre et conséquemment sans action réciproque les uns sur les autres.

95. Les conséquences qui découlent de ces expériences sont importantes; d'abord, elles prouvent que cette portion de l'atmosphère où la vapeur se répand avec l'électricité qu'elle entraîne et qu'elle y distribue, augmente de volume en raison de sa tension, puisque toutes les particules se repoussent d'autant plus que leur charge est plus considérable. Elles prouvent que la distribution de l'électricité, variant sans cesse sous l'influence du sol et des autres corps électriques qui le surmontent, des portions deviennent vitrées par rapport au globe et d'autres résineuses ; que le volume des premières diminue, tandis que celui des secondes augmente, c'est-à-dire, que les premières deviennent plus denses et les dernières moins denses.

96. Pour l'équilibre statique de la partie sous-jacente du globe, ces variations dans la densité du fluide atmosphérique sont complétement indifférentes, car si une partie de sa surface est plus pressée par la vapeur *vitrée*, ou moins pressée par la vapeur *résineuse*, le poids de cette partie n'en est point altéré. Et en effet, si la vapeur *vitrée* est plus dense que la *résineuse*, si matériellement elle pèse plus, son attraction pour le sol *résineux* le soulève dans la même proportion que son accroissement de poids le repousse, puisque ce poids n'est plus grand que par le résultat de cette attraction même. Donc,

si cette portion du sol était libre et attachée au fléau d'une balance, celui-ci ne s'inclinerait pas, l'égalité existant entre l'accroissement de la pesanteur d'une part et l'attraction de l'autre.

97. Le contraire a lieu pour la vapeur *résineuse;* si son volume est plus considérable, si elle est moins dense, si plus légère, elle pèse moins sur le globe, sa répulsion est l'équivalent de son allégement et l'équilibre ne peut pas être rompu davantage.

98. Cet équilibre, qui ressort des lois mêmes de l'électricité statique, se montre avec facilité en plaçant à l'extrémité du fléau d'une balance sensible un corps isolé; au-dessus est suspendu librement un autre corps également isolé, mais qui est solidaire avec le fléau, au moyen d'un arc de gomme-laque. Si ce second corps est chargé de la même électricité que le premier, il en est repoussé; s'il est chargé d'électricité contraire, il en est attiré. Mais quel que soit l'état du second corps, qu'il soit repoussé ou attiré, la balance n'indique aucun changement dans l'équilibre de la pesanteur, tandis qu'elle obéit sur-le-champ à l'influence réciproque de ces corps, si la seconde sphère cesse de lui être attachée, si elle ne compense plus par une altération dans sa pesanteur, son attraction ou sa répulsion électrique.

99. La balance qui n'a qu'un bras soumis à l'une des forces, tandis que l'autre reçoit l'influence des deux à la fois, existe sous la forme la plus restreinte et la plus commode dans le baromètre; un seul des bras est soumis à la pesanteur de l'air, l'autre en est préservé, tandis que toute la colonne de mercure éprouve l'action électrique. En raison de cette disposition, le baromètre obéit à la pression seule de l'air, il monte sous une atmosphère chargée d'électricité *vitrée,* et il descend sous une atmosphère chargée d'électricité *résineuse.* Une expérience élémentaire prouve que l'influence électrique de l'atmosphère est égale sur toute la colonne de mercure.

100. On place la partie supérieure d'une tige de cuivre dans un tube de verre fermé et dont elle est isolée; le bout inférieur est vissé sur un électromètre. On approche du bout supérieur un bâton

de résine frotté, et l'action sur le métal intérieur opère comme si le métal était libre; on s'assure que le tube de verre n'est pour rien dans le résultat en le touchant du doigt, que l'on retire ensuite; les feuilles qui s'étaient d'abord rapprochées par l'influence de la main, reprennent leur divergence première; ce qu'elles ne feraient pas, si la tension électrique avait été à la périphérie du tube et enlevée par le contact du doigt, comme cela a lieu lorsqu'on touche un métal dans les mêmes conditions. Si la tige intérieure est en contact avec le verre, les deux parties ne font plus qu'un seul corps, et toute la tension électrique se manifeste au dehors du tube. La colonne barométrique est donc soumise à la même influence électrique dans toute sa longueur, tandis que la pression, soustraite pour l'un des bras, est agissante sur l'autre.

101. La mer, par l'étendue de sa surface, par la mobilité de son élément et par les dissemblances qu'elle éprouve sur ses points éloignés, obéit à ces pressions inégales, et son niveau s'élève ou s'abaisse selon que la pression diminue ou augmente. L'obéissance de la mer aux variations de la pression, ne peut pas avoir l'instantanéité de celle du baromètre; il faut un temps très-notable avant que la masse d'eau se soit mise en mouvement au point de produire une élévation ou un abaissement sensible; il arrive de ce retard que, quelquefois, le baromètre a déjà obéi à une nouvelle force, tandis que le mouvement marin obéit encore à l'ancienne impulsion. C'est ce qui explique les anomalies qu'on rencontre dans les tableaux des observateurs, comme on peut le remarquer dans les tableaux suivants, empruntés à M. Hällström [1].

[1] *Acta societatis sc. Fennicae*, tome I, in-4°.

ASCENSION DU BAROMÈTRE MESURÉE PAR		DÉPRESSION	RAPPORT
LA HAUTEUR du MERCURE.	LA HAUTEUR de L'EAU.	CORRESPONDANTE DE LA SURFACE DE LA MER.	entre le décroissement de la pression atmosphérique et la DÉPRESSION DE L'EAU.
1,4	18,90	100	1 : 5,89
0,9	2.15	50	1 : 23,36
0,1	1.35	— 10	
0,3	4,05	40	1 : 9,88
3,2	43,20	80	1 : 1,85
1,6	21.60	20	1 : 0,92
1,0	13,50	— 40	
1,9	25.65	20	1 : 0,78
3,3	44.55	90	2 : 2,02
0,1	1,35	0	
6,4	86.40	130	1 : 1,50
0,6	8,10	50	1 : 6,17
1,3	17.55	— 30	
5,5	74.22	0	
2,6	35,10	130	1 : 3,70
5,6	75.60	80	1 : 1,06
3,9	52.65	20	1 : 0,38
Sommes.	525,92	730	1 : 1,39

DÉPRESSION DU BAROMÈTRE MESURÉE PAR		DÉPRESSION	RAPPORT
LA HAUTEUR du MERCURE.	LA HAUTEUR de L'EAU.	CORRESPONDANTE DE LA SURFACE DE LA MER.	entre le décroissement de la pression atmosphérique et la DÉPRESSION DE L'EAU.
0,5	6,75	180	1 : 2,70
3,8	51,30	80	1 : 1,56
1,2	16,20	— 20	
2,1	28,35	50	1 : 1,76
4,7	63,45	30	1 : 0,47
2,2	29,70	80	1 : 2,70
3,4	45,90	50	1 : 1,09
5,2	70,20	10	1 : 0,14
7,5	101,25	150	1 : 1,47
1,0	13,50	— 10	
7,7	103,95	180	1 : 1,73
7,7	103,95	50	1 : 0,48
2,7	36,45	20	1 : 0,55
Sommes.	670,95	850	1 : 1.27

102. M. Daussy a déduit de 150 observations faites à l'Orient, les cinq groupes suivants :

HAUTEUR DU BAROMÈTRE.	NIVEAU MOYEN DE LA MER.
mm.	m.
745,7	3,597
752,9	2,926
756,5	2,854
760,5	2,796
765,2	2,757 [1]

M. Bunt, en Angleterre [2] et M. Aimé, à Alger [3], ont fait des observations analogues. L'explication de ce phénomène par la direction du vent, nous semble trop souvent contredite par les faits, comme le remarque M. Hällström, pour qu'il en soit la seule cause. Il y en a une autre plus capricieuse, plus brusque encore que les vents, c'est, suivant nous, l'influence des actions électriques qui augmente ou diminue la pesanteur sur un point mobile du globe. Ce point mobile obéit à la pression nouvelle, tandis que le reste du globe y reste indifférent.

103. Nous avons maintenant à démontrer comment se fait la distribution électrique dans les vapeurs diurnes, qui sont répandues dans l'espace qui sépare le globe terrestre du courant tropical (§§ 15, 16, 59, 81), chargés l'un et l'autre de la même électricité résineuse.

On suspend une sphère A (fig. 2) à une assez grande distance d'une autre sphère B, toutes deux isolées. On les charge de la même électricité que nous supposerons être la résineuse. On prend un électromètre C armé d'une tige recourbée à angle droit, longue de 4 à 5 décimètres et terminée par une boule de 7 à 8 centimètres de diamètre ; de cette manière, la plus grande partie de l'influence est produite sur la boule. La platine de cet électromètre peut être ou ne pas être isolée,

[1] *Comp. rend. ac. sc. Paris*, t. III, p. 136, et *Connaissance des temps pour* 1839, pages 114-127 des additions.

[2] *Athaeneum*, 1841, n° 719, p. 594.

[3] *Comp. rend. ac. sc. P.*, t. IX, p. 701.

l'effet est le même à l'intensité près. Lorsque la platine communique au sol, le jeu des armatures étant plus considérable, l'effet en est augmenté et dispense ainsi de l'emploi d'une tige d'une grande longueur et d'une boule de fort diamètre.

104. On place la boule en D, je suppose, en tenant en communication la tige E et la platine F. Les feuilles tombent droites à zéro. On descend ensuite l'instrument en G, il diverge aussitôt en donnant un signe résineux dans les feuilles, ce qui démontre une tension vitrée dans la boule. En remontant l'instrument, il revient à zéro, puis dans un long espace entre D et I, il devient vitré et la boule résineuse. Enfin, arrivé en K, il a repris son zéro, comme au point d'équilibration en D; en L il redevient résineux et la boule vitrée. Plus on équilibre l'instrument près d'une sphère, plus l'espace résineux pour la boule, et vitrée pour l'instrument augmente d'étendue, et plus la tension vitrée de ce dernier acquiert d'énergie, correspondant à la tension résineuse de la boule. C'est le contraire, si on équilibre l'électromètre au milieu des sphères comme en O. La tension vitrée devient considérable de part et d'autre dans la boule, ou résineuse dans les feuilles d'or, et on ne trouve plus de zone résineuse. En résumé, une masse de particules, formant un corps par leur réunion, ne peut changer de place dans un tel espace sans qu'il y ait aussitôt une distribution nouvelle d'électricité dans son étendue. L'infériorité de la conduction peut retarder l'instantanéité de cette distribution, mais ne l'arrête jamais complétement. On peut démontrer cette distribution de l'électricité, soit par des feuilles d'or collées sur la tige de cuivre, soit par l'expérience suivante, qui est plus simple encore. On place dans l'intervalle des globes (fig. 3) une tige de cuivre AB, isolée et terminée par de petites boules polies; on charge les globes D et E d'électricité résineuse, sous cette double influence homogène, il se fait une nouvelle distribution de l'électricité dans la tige. Pour reconnaître ce nouvel état électrique de la tige, on touche l'extrémité supérieure A avec un plan d'épreuve, et l'on reporte sur un électromètre voisin la charge qu'il a prise : on reconnaît alors qu'elle est vitrée. On fait la même opération

sur le bout inférieur B que l'on trouve également à l'état vitré ; le milieu C de la tige, au contraire, est trouvé chargé d'électricité résineuse, et enfin, on rencontre deux points neutres F et G, qui ne donnent aucun signe électrique.

105. Ces expériences démontrent que sous la double influence résineuse de la terre et du courant tropical, les vapeurs inférieures deviennent vitrées, ainsi que les supérieures, et qu'il y a dans l'espace intermédiaire des vapeurs qui ont recueilli l'électricité résineuse, repoussée de chaque côté. Ces trois états des vapeurs diurnes, se manifestent presque chaque jour à la vue : la blancheur des cirrhi, ou des cumuli supérieurs, indique leur état vitré, comme la couleur plombée des strates moyens indique leur état résineux ; enfin, les brouillards blancs qui touchent au sol, manifestent leur tension vitrée à la vue et à l'électromètre. Lorsque les vapeurs inférieures n'ont pas une opacité assez grande pour être visibles, l'électromètre suffit pour indiquer une augmentation de tension vitrée, au moment de leur condensation.

106. Cet effet de l'influence résineuse de haut en bas que nous venons de démontrer, se fait sentir également en s'élevant sur les hautes cimes des montagnes. Ces cimes sont de véritables pointes attachées à un corps électrisé, et comme telles, elles obéissent à toutes les influences qui agissent sur les pointes des conducteurs. La variation de leur tension électrique correspond à l'acuité et à l'isolement de leurs sommités : aussi les phénomènes électriques sur la cime des montagnes ont-ils des amplitudes de perturbations et d'oscillations, dont on ne peut se faire aucune idée dans les plaines ; les signes électriques passent avec une rapidité extrême d'une puissante tension résineuse à une puissante tension vitrée, et il faut des instruments de tous les degrés de sensibilité, depuis les plus délicats jusqu'aux plus résistants, pour répondre à toutes les tensions, passant d'une extrémité à l'autre et par tous les degrés possibles sous l'influence des passages successifs des nuages gris à la suite des nuages blancs, ou d'un nuage transparent résineux à la suite d'un nuage transparent vitré. Mais, en dehors

de ces causes locales, limitées, rapprochées plus ou moins des cimes, lorsque l'atmosphère supérieure est pure, que l'influence du courant tropical fait seule sentir sa réaction résineuse de haut en bas, sur les pointes qui dépassent 2,500 mètres d'élévation, alors les signes vitrés d'un électromètre qu'on lève d'un mètre ou deux, je suppose, sont peu supérieurs à ceux qu'on trouve dans un lieu bien découvert au milieu d'une plaine; l'influence résineuse du courant supérieur remplace l'influence résineuse latérale du globe sur la boule de l'électromètre, et y atténue la coercition résineuse que le globe y développe. Si l'on s'élève plus haut, si l'on se rapproche encore du courant tropical, si l'on parvient à une cime de 4,000 mètres et plus, l'influence du globe de bas en haut est de plus contre-balancée par celle de haut en bas du courant tropical, et le signe électrique devient inférieur sur ces sommités à celui des plaines, comme Saussure l'a observé dans son ascension à la cime du Mont-Blanc [1]. Trois ou quatre cents mètres plus haut, on toucherait à la ligne du zéro des deux influences.

107. Les vapeurs diurnes qui se répandent dans l'espace limité par la surface du globe et le courant tropical, éprouvent dans le cours de la journée et de la nuit toutes les altérations que peuvent leur faire subir les changements de la température, de la pesanteur, de leur conductibilité électrique et de leurs transformations en vapeurs globulaires, ou de celles-ci en vapeurs élastiques. Ces alternatives se répètent chaque jour avec des intensités différentes, suivant l'état du ciel, les vents et les saisons. C'est donc dans cet espace limité, ayant sa plus grande hauteur entre les tropiques et ses plus minimes dimensions vers les pôles, que se passent les phénomènes météorologiques les plus ordinaires et les plus influents sur les végétaux, sur les animaux et sur l'homme. Cet espace, qui peut s'étendre jusqu'à 8 ou 10,000 mètres à l'équateur, qui dépasse peu 5 à 6,000 mètres au 45me degré, et qui s'éteint sur le sol près des pôles, varie beaucoup de hauteur dans les régions tempérées et froides, suivant la marche

[1] *Voyages dans les Alpes*, § 2055.

du soleil. Il est à son *maximum* d'étendue dans un hémisphère, lorsque le soleil est à son solstice d'été, et il est à son *minimum*, lorsque le soleil est à son solstice d'hiver. A mesure qu'on s'élève, et qu'on se place au-dessus d'une plus grande masse de vapeurs diurnes, on domine les causes perturbatrices journalières, et l'oscillation horaire diminue; on pourrait dire qu'au 45e degré, il n'existe plus d'oscillations diurnes tropicales au delà de 4,000 mètres, sur une crête de montagne bien isolée, parce que les vapeurs de la journée atteignent rarement cette hauteur en quantité suffisante, pour reproduire d'une manière sensible les variations régulières observées au-dessous de leurs masses inférieures.

108. La vapeur et l'air changeant de densité et de poids, suivant leur état électrique, la pression générale croît ou diminue, sans qu'il puisse y avoir ni reflux, ni flux atmosphérique, pour en contre-balancer l'effet. La pression augmentée y est entière et durable, tant que l'attraction qui l'a produite y persiste, tant qu'elle y maintient la plus grande quantité de vapeur et d'air propre à contre-balancer sa puissance : la pression amoindrie y est tout aussi durable, tant que dure la répulsion qui a diminué le nombre de molécules de l'air. L'atmosphère y devient plus dense ou moins dense, selon que la force locale attire ou repousse les vapeurs et l'air, chargés d'électricité.

109. Tel n'est point l'effet de la condensation ou de la dilatation de l'atmosphère, par des différences de température. Dans ce cas, l'équilibre est un résultat de la seule pesanteur, et cet équilibre s'établit par une plus grande épaisseur dans les couches dilatées, ou par une moindre épaisseur dans les couches condensées : aucune autre force ne vient altérer cette égalité de poids, ni ne retient une portion de l'atmosphère plus condensée et plus pesante dans une région : tout s'équilibre d'après le poids inerte de l'atmosphère, tout suit les lois de l'hydrostatique. Ainsi, la pression est plus grande ou moins grande dans une région, parce qu'il existe dans cette région une plus grande attraction électrique entre les vapeurs et le globe, ou parce qu'il y existe une plus grande répulsion. Cette différence varie et change de

région avec les changements d'état de ces vapeurs, ou leur transport dans d'autres contrées. Ce sont ces différences entre la densité de l'air et la pression réelle de l'atmosphère, qui mettent souvent en désaccord l'ancien manomètre de Boyle et le baromètre. C'est la marche des vapeurs électrisées qui transporte dans différentes régions les variations dans la pression atmosphérique; c'est le déplacement de cette pression électrique qu'on a nommé *vague barométrique.*

110. Lorsque l'on compare les moments de l'élévation et de l'abaissement du baromètre avec la hauteur du thermomètre, on trouve que la température y joue un si faible rôle, qu'on peut la négliger sans erreur sensible, et qu'elle laisse à l'action électrique toute sa prédominance sur ce phénomène. Les expériences et les observations suivantes corroboreront ce que nous avançons. Dans le mois de juillet 1827, le capitaine Basil Hall mesura la pression atmosphérique près et au-dessous de la chute du Niagara. A 50 mètres de distance, il trouva $753^{mm},87$; il retrouva la même pression à 4 mètres; enfin, au-dessous de la lame d'eau, il trouva $754^{mm},63$. Cette dernière station était d'environ $3^{m},5$ au-dessous des précédentes; il y régnait un vent d'une violence extrême, s'élevant obliquement du petit lac inférieur et allant frapper le dessous du rocher, d'où la rivière se précipitait. Cette violence du vent était telle, que ce navigateur déclare qu'elle surpassait les plus forts coups de vent qu'il eût éprouvés dans les diverses parties du monde. Ainsi, la pression qui aurait dû être de $754^{mm},22$, n'était augmentée que de $0^{mm},41$ sous cette double impulsion du vent ascendant et de son remous [1].

111. J'ai brasé à la partie inférieure d'un tuyau de poêle en cuivre, un petit tube de 10 millimètres de diamètre, qui communiquait avec l'intérieur : à ce petit tube en était joint un autre qui s'ajustait sur le bout libre d'un sympiézomètre ou gros thermomètre à air. Un indice placé dans le tube horizontal du sympiézomètre indiquait les plus petites variations dans la pression; la sensibilité de l'instrument était

[1] *Americ. journ.*, Silliman, 1828, vol. XIII, p. 364-367.

deux cents fois environ plus grande que celle d'un baromètre, c'est-à-dire, qu'une pression d'un millimètre de mercure faisait marcher l'index de 200 millimètres. La longueur totale du tuyau du poêle était de 18 mètres; un couple thermo-électrique placé à l'origine, indiquait la température de l'air ascendant qui y était renfermé; un feu bien entretenu donna un courant d'air chaud de 130 degrés centigrades à l'orifice du petit tube et de 10 degrés à sa sortie supérieure: la température de l'air était ce jour-là + 1° c. Lorsque le tube latéral était débouché, la flamme d'une bougie placée à son orifice y était rapidement attirée. En établissant la communication avec le sympiézomètre, la pression diminua de 7 à 8 millimètres, c'est-à-dire, de $0^{mm},04$ de la colonne barométrique. On voit que la pression, dans un tuyau bien clos latéralement, à parois chaudes, n'ayant d'ouverture qu'à l'entrée et à la sortie, et dont la température moyenne de l'air intérieur était de 70 degrés, la pression, disons-nous, n'a diminué que de $0^{mm},04$, tandis que sa légèreté spécifique donne $0^{mm},45$. Nous allons voir maintenant que la différence de pression a disparu aussitôt qu'on a mis la colonne intérieure d'air chaud en communication avec l'air extérieur.

112. Un second petit tube de même diamètre (10^{mm}) avait été soudé à un mètre 60 centimètres de distance verticale du premier; son ouverture fut tenue bouchée pendant tout le temps que dura l'expérience précédente. Mais lorsque la pression intérieure du tuyau bien clos latéralement eut acquis de la stabilité, on déboucha le petit tube; on vit aussitôt l'index reculer de $0^{mm},5$ environ. Ainsi cette toute petite ouverture rendait déjà à la pression totale le seizième de ce que l'ascension de l'air chaud lui avait fait perdre. Au lieu de n'ouvrir qu'un trou de 10^{mm} de diamètre, je séparai ensuite, près de ce petit tube, les deux bouts du tuyau du poêle, de manière à laisser un intervalle d'un centimètre : la pression fit remonter l'index de 2,5 divisions dans le sympiézomètre, qui en marquait 8 pendant la clôture complète du tuyau. En donnant deux centimètres d'écartement aux tuyaux, l'index remonta de 4 divisions, la moitié de ce qui était produit par une fermeture entière.

En reproduisant ces deux anneaux ouverts d'un et de deux centimètres au bas du tuyau, à 8 centimètres au-dessus du sympiézomètre, l'index remonta dans le premier cas de 6 divisions, et dans le second il remonta de 7 divisions sur 8. Enfin, en mettant en communication le tube de jonction du thermomètre à air avec l'anneau libre de 2 centimètres, à peine voyait on une légère oscillation dans l'index [1].

113. La seule conséquence qu'on puisse tirer de ces expériences, c'est qu'il faut que la colonne ascendante soit renfermée dans un tube à parois rigides, pour que la pression en soit diminuée; aussitôt que la plus petite ouverture sur la paroi met en communication la colonne ascendante avec l'air extérieur, la pression augmente beaucoup, et il n'a fallu qu'une ouverture horizontale de 2 à 3 centimètres de hauteur au bas d'un tuyau de 18 mètres, pour que la pression devînt égale à celle de l'extérieur. Il n'est donc pas possible qu'une colonne d'air ascendante, libre au milieu de l'atmosphère, puisse jamais produire ces grandes dépressions qu'on remarque si souvent dans les mois d'automne et de l'hiver, à l'époque où l'amplitude des écartements de la température est au *minimum* [2].

CHAPITRE VII.

EXPÉRIENCES ET OBSERVATIONS SUR LA FORMATION ET LA TRANSFORMATION DES VAPEURS SOUS L'INFLUENCE DES TENSIONS ÉLECTRIQUES.

—

114. Dans le Xe chapitre de mes recherches sur les causes qui concourent à la formation des trombes, j'ai démontré par expérience l'in-

[1] L'idée de l'influence des vents sur le baromètre est une des plus anciennes; on la trouve reproduite dans un grand nombre de mémoires depuis 1660 jusqu'à De Luc, et l'on voit Hauskbée, qui admettait cette cause, faire une expérience pour en appuyer la théorie. (*Phil. trans.*, 1704, n° 292, art. 2, ou *Expér. phys. math.*, chap. III, art. 7.)

[2] En 1775, M. H. Englefiel n'a obtenu des puissantes ondes sonores d'une des cloches de Ste-Gudule de Bruxelles, qu'une amplitude d'oscillation de 0^{mm},26, dans le *maximum* du mouvement isochrone.

fluence des tensions électriques sur la formation des vapeurs ; je renvoie à cet ouvrage pour les détails, je ne ferai ici qu'en rappeler les résultats.

On isole un vase rempli d'eau chaude, ou mieux encore de résine fondue; on le place au-dessous d'un pinceau de fils métalliques également isolé, et l'on dispose des conducteurs de manière à rendre à volonté le vase *vitré* ou *résineux*, en même temps qu'on rend le pinceau métallique *résineux* ou *vitré*. Si l'eau chaude ou la résine fondue est *vitrée* et le pinceau *résineux*, la vapeur produite est triplée et même quadruplée; elle s'élève et enveloppe sans beaucoup d'agitation le pinceau *résineux*. Si ce dernier est *vitré* et le vase *résineux*, la vapeur émise est moindre que dans le cas précédent, et elle est chassée de haut en bas, comme si elle était poussée par un vent ayant cette direction. Lorsque l'on voit la fumée sortir d'une cheminée et se rabattre vers le sol, pendant un temps froid et une haute pression, on peut en conclure que la vapeur de l'atmosphère est fortement vitrée et qu'elle rayonne de haut en bas avec énergie. C'est une observation qu'on peut faire facilement pendant les brouillards vitrés, comme étaient ceux qui ont eu lieu du 1er au 6 décembre 1842. Sous cette influence, le tirage en est diminué, et les cheminées fument dans les appartements.

115. Le capitaine Parry fit une observation de cette nature le 19 décembre 1822. Il fut fort surpris de voir la fumée descendre vers la mer, la température étant à — 35° c., le baromètre à 762^{mm},47, le temps beau et le vent modéré NNE. Il vit le même phénomène le 28 suivant, la température étant à — 36°,1 c., et le baromètre à 753^{mm},44 [1]. S'il eût interrogé l'électricité atmosphérique, il l'eût trouvée excessivement vitrée.

116. On peut juger encore de la tension électrique supérieure par la rapidité avec laquelle les nuages opaques repassent à l'état de vapeur élastique : cette rapidité de la révaporation des nuages étant un phénomène qui se reproduit souvent, j'ai voulu connaître s'il n'était pas dû à l'influence électrique.

[1] *Deuxième voyage*, pages 384 et 385.

J'ai produit un courant de vapeur au moyen d'un vase clos rempli d'eau aux deux tiers, et d'une lampe à alcool placée au-dessous (fig. 4-5). La vapeur sortait par un tube latéral assez long pour éviter l'action extérieure du courant d'air chaud provenant de la lampe : le tout est isolé sur des gâteaux de résine. On électrise l'appareil et on présente un pinceau métallique à 2 ou 3 décimètres de l'orifice. Si l'appareil est chargé d'électricité vitrée (fig. 4), la vapeur opaque qui sort paraît diminuer, et si son abondance est modérée, et l'air sec, elle disparaît entièrement. Cette disparition n'est qu'apparente; elle provient de ce qu'une grande portion repasse à l'état de vapeur élastique, et devient invisible; c'est ce qui simule une diminution dans la production de la vapeur du bouilleur, erreur d'autant plus grande que la production en est réellement augmentée, comme on peut s'en assurer avec une boule polie[1]. Si l'appareil est chargé d'électricité résineuse (fig. 5), une portion repasse bien encore à l'état de fluide élastique, mais cette portion est de beaucoup plus faible, et le reste de la vapeur opaque est repoussé par le rayonnement vitré qui sort du pinceau en regard; elle rétrograde vers son propre bouilleur.

L'expérience est plus curieuse et plus démonstrative encore, en faisant agir les vapeurs opposées de deux bouilleurs (fig 9). La vapeur du bouilleur vitré sort avec rapidité, accompagnée de projections d'un blanc nacré et démontre par sa ténuité qu'une partie est transformée à l'état de fluide élastique : elle s'avance en ligne droite sur la vapeur sortant du bouilleur résineux qu'elle repousse et qu'elle force à rétrograder.

[1] Au lieu d'un faisceau de pointes, si l'on présente une sphère métallique bien polie et non vernie, d'un diamètre assez grand, l'effet produit est tout différent. Si le bouilleur est vitré (*fig.* 6), la vapeur plus attirée en masse repasse moins à l'état de fluide élastique; elle s'élance en colonne dense, moutonnée et blanchâtre, elle est plus considérable et marche plus vite qu'à l'état neutre. Si le bouilleur au contraire est résineux (*fig.* 7), la colonne de vapeur est plus ténue, plus filamenteuse et grisâtre.

Si l'on fait agir l'influence statique d'une sphère sur l'extrémité d'une colonne liquide horizontale, à la température ordinaire, et qui a son ménisque vertical et saillant, toute la colonne est attirée et elle avance de plusieurs centimètres dans le tube (*fig.* 8). Le fait suivant est extrait des nombreuses observations de M. le comte Gasparin : sous l'influence de gros cumuli, l'évaporation comparée à l'état normal s'est accrue :: 0,50 : 2,20; c'est-à-dire, qu'elle a septuplé.

117. Lorsqu'on ne veut connaître que l'influence du rayonnement électrique sur la quantité de vapeur produite, l'eau n'est pas la substance que l'on doit prendre pour faire cette expérience. Sa vapeur repasse trop facilement à l'état de fluide élastique, et en cessant d'être visible, elle induit en erreur sur la quantité réelle; il est préférable de faire bouillir de la résine, dont la fumée est plus sèche et moins transformable. Une autre considération se joint au fait précédent pour préférer la résine à l'eau, lorsqu'il ne s'agit que de constater l'augmentation de la vapeur sous l'influence électrique; c'est que la vapeur d'eau, attirée jusqu'au contact du faisceau métallique, s'y condense; elle le mouille; une partie de cette eau déposée repasse à l'état de fluide élastique et transporte son électricité nouvelle vers le vase producteur et s'y neutralise. Cette neutralisation partielle de l'électricité du vase diminue d'autant la puissance électrique sur l'évaporation.

118. Ces transformations électriques sont très-communes dans la nature, et se reproduisent avec rapidité et énergie autour du sommet des hautes montagnes. Dans les plaines, il est moins apparent et il ne se présente pas toujours sensible aux yeux; mais en se servant d'un électromètre, on le retrouve chaque fois que la vapeur de la journée se condense en brouillard, quelque léger qu'il soit.

Dès l'instant qu'on a bien constaté que tous les nuages blancs sont dans un état de tension vitrée, et que tous les nuages gris sont dans un état de tension résineuse, on n'a plus besoin d'électromètre pour suivre ces transformations; la couleur l'indique et donne le moyen de les suivre de loin.

119. Lorsqu'une puissante tension vitrée domine la cime d'une haute montagne, cette cime prend une tension résineuse correspondante et il s'établit un rayonnement électrique entre cette cime et le nuage superposé, transparent ou opaque. Le rayonnement électrique ne s'opérant que par le transport de matière pondérable, c'est l'humidité des flancs de la montagne, comme la substance la plus vaporisable, qui en fournit le véhicule. Si la tension est grande et l'humidité de la roche peu considérable, la vapeur élastique qui s'en dégage

étant fortement chargée d'électricité contraire, est transportée rapidement jusqu'au nuage où elle se neutralise, sans avoir subi dans sa route une condensation suffisante pour prendre la forme globulaire. C'est ce qui arrive aux vapeurs qui s'échappent des sommités mêmes des montagnes, où le rayonnement est le plus actif et l'humidité plus faible. Mais sur les parois placées à quelque distance du sommet, dans la zone où l'écoulement des eaux supérieures maintient une grande humidité, où la température est moins basse, l'évaporation y est facile; elle y est plus abondante; la vapeur s'y forme sous l'influence d'une attraction électrique moins vive; aussi, à peine est-elle disséminée dans l'air ambiant, qu'elle se globulise par le refroidissement et acquiert une meilleure conduction électrique. Au lieu de l'isolement des vapeurs élastiques, qui obligeait chacune des particules d'aller se neutraliser au contact du nuage supérieur, c'est l'électricité même attirée qui se propage vers la périphérie du nouveau nuage conducteur, et c'est de cette portion qu'elle rayonne vers la nue supérieure, en faisant passer la vapeur opaque à l'état de vapeur élastique; ce n'est plus la molécule de vapeur sortie du flanc de la montagne qui transporte sa charge électrique, une portion de son électricité l'abandonne au moyen de la conduction acquise, et c'est la molécule élastique nouvelle, formée sur la bande périphérique, qui emporte cette surcharge électrique vers le nuage supérieur.

120. Cette distribution nouvelle de l'électricité dans les vapeurs qui sortent des flancs des hautes montagnes, s'apprécie très-bien à la couleur que prend leur masse. L'influence vitrée du nuage dominant, rendant plus résineux le bord supérieur du nuage placé au-dessous, il devient plus gris que le centre; l'évaporation, activée par cette influence, fait disparaître la première bande grise et sa grande tension résineuse; elle est immédiatement suivie d'une seconde bande grise formée comme la première au détriment de la tension résineuse de la masse du nuage.

121. On croit généralement que la couleur foncée des nuages inférieurs est due à l'ombre projetée sur eux par les nuages supérieurs,

parce que très-souvent ces strates gris et ardoisés suivent les cumuli blancs supérieurs; mais il arrive très-souvent que les nuages gris sont seuls, que les cumuli blancs sont repassés à l'état de fluide élastique et ont laissé dans l'espace inférieur les parasites qui les suivaient; c'est principalement du milieu de la nuit au lever du soleil, qu'on trouve le plus de ces plaques plombées, sans aucun autre nuage; nous les avons montrées à M. Bravais, professeur d'astronomie à la faculté de Lyon, le 5 août 1842, quelques instants avant le lever du soleil, étant sur le Faulhorn. Ces plaques ardoisées tranchaient complétement sur le ciel pur, et plusieurs se trouvaient au milieu de la vive coloration de l'aurore, sans y perdre leurs teintes sombres.

122. A mesure que le rebord gris du nuage se vaporise et se reforme par l'arrivée d'autres vapeurs, on voit blanchir le centre du nuage, on le voit prendre la teinte blanche d'autant plus promptement, que l'évaporation des stries grises a marché elle-même plus rapidement. Lorsque toute la masse est devenue à peu près blanche, le fumage gris s'arrête et souvent de grosses portions blanches du nuage se séparent de la montagne et suivent le cours du vent; d'autres fois, il reste accroché à la montagne sans augmenter ni diminuer de volume. L'effet est inverse si un nuage gris domine la montagne; les flancs de cette dernière fument une vapeur blanche dont la périphérie possède un blanc plus éblouissant que le reste; cette périphérie se divise en stries; elle se vaporise aussi, puis elle est remplacée par d'autres, et ainsi de suite. Pendant l'évaporation des stries argentées, le centre devient gris, peu à peu tout le nuage le devient et le phénomène s'arrête, pour recommencer encore un peu plus tard, lorsque le sommet sera débarrassé de son nuage ou lorsque les influences supérieures auront changé de nature. Ce jeu des influences électriques se répète un grand nombre de fois chaque jour autour des flancs des hautes montagnes; il ne se passe pas d'heure qui n'ait un phénomène de cette nature, sur l'une des cimes qui vous entourent, lorsque vous êtes au milieu de la chaîne des Alpes [1].

[1] De Luc s'étonne souvent dans la troisième partie de ses *Idées sur la météorologie*, de la for-

123. Ces transformations sont faciles à comprendre lorsque l'on connaît les effets des influences électriques : on reconnaît que ce sont des produits de l'évaporation que ces dernières provoquent sur les flancs de la montagne et à la périphérie du nuage qui en sort, de la basse température de l'air et de l'humidité près du point de saturation; enfin la demi-conduction des vapeurs, auxquelles il faut un temps assez long pour obéir aux nouvelles distributions électriques, coopère aussi au phénomène général.

124. On n'a pas dans les plaines l'avantage de voir se reproduire ce phénomène avec cette rapidité ni avec cette intensité d'action; il n'y a qu'au-dessus des montagnes que l'on peut trouver cette énergie suffisante dans les influences électriques. Les montagnes sont à la terre ce que les pointes sont aux conducteurs électriques, la puissance de la tension, comme celle de leur rayonnement, est en raison de leur isolement et de leurs aspérités.

Mais pour être privé de ces grandes tensions dans les plaines, le phénomène ne s'y montre pas moins, quoique sur une plus petite échelle; on peut le constater au moyen des instruments électroscopiques.

125. Les couches inférieures de l'atmosphère, celles qui s'étendent jusqu'à 2 et 3,000 mètres, étant les plus humides et les plus soumises à l'action incessante du globe, c'est dans leur épaisseur que s'opèrent les changements les plus considérables, et les influences électriques agissent avec le plus d'énergie. Leur densité variant avec ces influences, la pression inférieure en éprouvera des perturbations qui ne pourront atteindre le sommet des montagnes et seront la cause de ces différences de pression que tous les observateurs ont signalées. Pour comprendre toute cette influence, il suffit de suivre la marche du baromètre pendant la formation et la durée d'un brouil-

mation des vapeurs opaques sur le flanc des montagnes, au milieu d'une atmosphère non saturée d'humidité; en effet, ce phénomène était resté sans explication possible en dehors de la cause puissante de l'influence électrique. (Voyez mon premier Mémoire dans le 14e numéro des *Archives de l'électricité*.)

lard vitré : il monte aussitôt que la vapeur se condense et s'opalise, et il descend lorsque le brouillard se résout [1]. Depuis Bernouilli et de Saussure [2] jusqu'en ces derniers temps, l'inégalité des marches du baromètre dans les hautes et les basses stations a été l'objet de beaucoup de recherches, sans qu'on parvienne à expliquer toutes les discordances. Souvent même l'opposition dans la pression se fait sentir dans des lieux peu distants, comme le prouvent les variations observées le 22 et le 23 septembre 1841 en Angleterre par M. W. Birt, depuis Sandwich jusqu'à South-Walsham. On voit la courbe monter à Porstmouth, marcher droite à Londres et descendre à Twaite, pendant les mêmes heures [3].

126. Nous terminerons ce chapitre par quelques observations. Le 9 mars 1842, à midi, le baromètre réduit était à $755^{mm},77$. A partir de ce moment, il commença à descendre et atteignit 741^{mm} le 10, à 3 h. du matin. Peu après il reprit son mouvement ascensionnel, et à 3 h. de l'après-midi il était monté à 756^{mm}. Ce fut principalement dans la nuit que sa marche fut le plus rapide, car de 10 à 11 h. du soir, il descendit de $2^{mm},3$, tandis qu'il remonta de la même quantité de 6 h. 30′ à 7 h. 30′ du matin, et de 5^{mm} de 8 h. 40′ à midi. Ainsi, c'est pendant la fraîcheur de la nuit (8°) qu'il descendit le plus, et c'est pendant une température de plus de 15° qu'il monta rapidement. C'est dans cette nuit qu'il y eut des bourrasques d'une grande violence et des sinistres nombreux le long des côtes de la Manche. Le 23 janvier 1842, sous une température assez égale de 3 à 5°, le baromètre

[1] Pendant la grande perturbation atmosphérique du mois de janvier 1843, M. Crahay, professeur de physique à l'université de Louvain, nota soigneusement l'aspect du ciel. On remarque dans le tableau qu'il en fit que, lorsque le baromètre montait, il régnait un brouillard ou il tombait de la neige sans mélange de grésil, il ne régnait alors qu'un vent faible ou médiocre. Lorsque le baromètre baissait au contraire, il n'y avait aucun brouillard, il y avait du grésil ou le vent était tempêtueux. Les extrêmes de la température à Louvain furent, d'après ce savant physicien, pendant le mois de janvier, +11°,6 le 29, et —3°,4 dans les nuits du 3 au 4 et du 21 au 22. *Bull. de l'ac. roy. de Brux.*, t. X, 1843, p. 86.

[2] *Voyage aux Alpes*, § 1123.

[3] *Athaeneum*, 1841, n° 739, p. 995.

descendit à 741^{mm},3, et peu de jours après, le 3 février, sous une température de 5 à 7°, il était monté à 768^{mm},8.

127. Nous pourrions multiplier les citations, mais il suffit d'interroger les tableaux d'observations des recueils scientifiques, pour en trouver une foule de semblables. Il est fâcheux que les signes électriques soient omis presque partout; c'est une lacune qui disparaîtra, nous l'espérons, lorsqu'on connaîtra mieux la manière d'interroger la tension électrique avec un instrument véritablement mesureur.

128. Parmi les recueils qu'il faut souvent avoir sous les yeux, les *Mémoires de l'académie royale de Bruxelles* tiennent le premier rang; M. Quetelet, secrétaire perpétuel de cette académie, a rassemblé et coordonné avec un rare mérite les documents les plus précieux pour la météorologie, et l'académie les a fait imprimer et distribuer avec une générosité qui lui attire la reconnaissance des hommes de science. En consultant ces précieux documents, on trouve souvent des différences considérables entre des lieux rapprochés, que ne peuvent expliquer ni la différence de la température, ni la différence de l'humidité. Nous citerons celle observée entre Munich, Prague et Breslau, au solstice d'hiver de 1841 [1]. Le baromètre monta de 10^{mm},2 dans la première de ces villes, de 6^{mm},7 dans la seconde, et après avoir monté de 4^{mm},8 dans la troisième, il n'était plus, à 6 h. du soir du 22 décembre, que de 2^{mm},87. Lemberg, Cracovie et Varsovie n'eurent que des oscillations fort limitées. La température n'était pour rien dans ces variations; à Munich elle était de — 1° c. lorsque le baromètre était bas, et après quelques oscillations, elle remonta à + 1°,7 c. pendant que le baromètre atteignait son *maximum* de 713^{mm},1. La température n'oscilla aussi à Prague qu'entre + 3°,7 et 5°,4 c., et à Breslau entre + 1°,9 et 5° centig. Groningue et Leuwarden eurent une marche descendante pendant ces 36 heures, tandis que de Londres à Florence elle fut ascendante, et elle fut incertaine à Amsterdam et à Utrecht. Les hygromètres n'indiquèrent pas plus la cause de ces

[1] *Mémoires de l'acad. de Bruxelles*, t. XV.

différences que la température; leurs oscillations furent complétement insignifiantes.

129. En comparant l'état du ciel avec la marche du baromètre, on trouve des corrélations que n'offrent pas la température et l'humidité. Quoique ces observations soient privées d'un auxiliaire précieux, celui de la tension électrique, et que l'état de l'atmosphère inférieure ne soit pas toujours assez circonstancié, nous trouvons cependant que c'est dans les localités où le brouillard est noté que la marche du baromètre est ascendante; qu'elle s'arrête ou se ralentit lorsqu'il n'est plus énoncé. D'après les observations anciennes et les nôtres, comme le brouillard le plus ordinaire est vitré, l'indication de son existence remplace pour nous une partie de ce qui manque aux signes électriques. Mon registre d'observations du 21 et du 22 décembre 1841, donne une tension vitrée au brouillard tout faible qu'il était; cette tension monta de 27° à 481 degrés proportionnels du 21 au 22.

130. Un des soins indispensables pour l'appréciation des phénomènes météorologiques, est l'indication des rangs superposés des nuages ou vapeurs; car il arrive souvent que nos instruments, obéissant servilement aux influences voisines des strates gris inférieurs, sont en désaccord avec le baromètre, qui est un instrument de totalité. C'est ce qui est arrivé à l'équinoxe du printemps de 1842. La portion inférieure de l'atmosphère était souvent traversée par des nuages gris et résineux, tandis que la portion supérieure était parsemée et remplie de nuages blancs.

131. Si nous consultons les tables de l'équinoxe d'automne de 1841, nous retrouverons encore l'indifférence de la température et de l'humidité dans la marche descendante du baromètre de cette époque.

Mais il y a plus, cette marche fut contraire à ce qu'elle est le plus souvent en la comparant aux vents. Ainsi, à Paris, elle était descendante pendant un vent d'E. et SE., et montait pendant un vent d'O. et de SO. Il en fut de même à Bruxelles, où le baromètre descendit sous un vent du NE. et de l'E., et ne se releva quelque peu

que lorsqu'il tourna. A Groningue, à Franeker, à Greenwich, où les vents furent presque toujours dans le rumb de l'E., c'est là que le baromètre descendit le plus directement. A Groningue et Franeker, le ciel fut presque toujours serein, à Greenwich il fut presque toujours couvert et fut accompagné de pluie et de coups de vent [1]. En parcourant ainsi les divers tableaux, nous trouverions dans tous des variations inexplicables, si on en cherche la solution dans la température, la seule humidité, le vent et l'aspect du ciel.

132. En appliquant les données précédentes aux diverses contrées, aux saisons et aux heures, on en tire directement des conséquences que l'observation confirme.

La pression doit diminuer et diminue en effet dans les contrées qui reçoivent une grande quantité de vapeurs résineuses primitives que les vents leur apportent, ou qui en produisent beaucoup. C'est pour cela que Madère, au milieu de l'Océan, au 32e degré 30′ de latitude, a une pression de 765mm,177; elle est plus basse que celle de Tripoli, qui est de 767mm,41, à peu près à la même latitude, mais qui ne reçoit les vents du S. et de l'O., qu'après qu'ils ont traversé de grands espaces du continent africain.

133. Cette différence de pression sous une même latitude n'est pas spéciale aux pays chauds; on la retrouve jusque dans les latitudes élevées. Bergen et la baie de Hardanger, au 60e degré de latitude, sur la côte de la Norwège, soumis du côté de la mer aux vents du S. et d'O., ont une pression de 752mm,0, tandis qu'à St-Pétersbourg, au fond d'un golfe étroit, presqu'au milieu des terres, la pression y est 759mm,967 [2].

134. Il en est de même pour la marche du baromètre pendant le cours de l'année, suivant la position des pays, relativement aux vents chargés de vapeurs primitives : la moyenne barométrique diminue des mois d'hiver aux mois d'été, si les vapeurs apportées

[1] Tome VIII du *Bulletin de l'acad. roy. de Bruxelles.*

[2] Voyez le mémoire de M. Schouw, dans les *Annales de chimie et de phys.*, t. LIII, et l'*Atlas physique* de M. Berghauss, pages 58 et suivantes.

par ces vents ont subi peu d'altérations dans leurs charges électriques; cette marche s'observe à Madras, Alep, Nîmes, St-Pétersbourg, Abo, etc.; tandis que dans les pays qui ne reçoivent ces courants que lorsque les vapeurs ont subi des transformations par l'influence électrique du globe, la moyenne augmente des mois d'hiver aux mois d'été, comme on l'observe à Mont-Louis, Arles, Lausanne, Berne, etc., etc. [1].

CHAPITRE VIII.

DE LA COMPLICATION DES PHÉNOMÈNES PENDANT LE COURS DE LA JOURNÉE.

—

135. Nous avons rappelé § 116 que lorsqu'un corps vaporisable possède une tension électrique différente de celle du milieu ambiant ou d'un corps voisin, l'évaporation produite à sa surface n'est plus simplement proportionnelle à sa température; elle augmente de tout ce que peut produire la nouvelle force d'attraction; on peut facilement la décupler. Le matin, au lever du soleil, on trouve que la surface du globe donne une tension *résineuse* notable, qui augmente encore pendant les deux ou trois heures suivantes Elle atteint son premier *maximum* vers les 9 ou 10 h., et descend ensuite jusque vers les 3, 4 ou 5 h. du soir, selon la saison et la température. La tension *résineuse* du globe, ou comme on le dit plus communément, la tension vitrée de l'atmosphère, dans les journées normales, donne à son *maximum* 80 à 100 degrés proportionnels à mon électromètre; elle descend ensuite jusqu'à 20°, souvent 10°, et même quelquefois à 0° dans le lieu de mes observations, si la journée a été pure et chaude. Près des lieux humides, la tension disparaît rapidement, et

[1] Voyez les tableaux du P. Cotte, *Mém.* 2e vol.

au bord de la mer la manifestation électrique est presque toujours nulle.

136. La cause de cette apparence d'affaiblissement dans la tension électrique du globe est facile à comprendre ; et en effet, les premières vapeurs qui s'élèvent de la surface du sol, sont chargées d'une *électricité résineuse* d'une tension égale à la sienne. Ces vapeurs, formées de petits corps libres et distincts les uns des autres, se disséminent dans l'atmosphère ; chacune de ces particules réagit résineusement de haut en bas, contre la surface du globe, qui agit de bas en haut, et bientôt nos instruments, ainsi que la surface des eaux, se trouvent entre deux forces de même nature, agissant en sens contraire. Nos instruments, qui n'indiquent que des différences, cessent leurs manifestations au centre de ces réactions égales, et la surface des liquides ne s'évapore plus que sous l'influence de la température ; la vapeur s'élève moins abondante et elle ne donne plus de signe électrique.

137. De onze heures du matin jusque vers les 3 ou 4 heures de l'après-midi dans l'été, la température augmentant plus vite que les vapeurs ne se forment, ces dernières sont maintenues dans un état croissant de dilatation, et conséquemment dans un affaiblissement de conduction électrique. L'hygromètre rétrograde alors et indique une plus grande sécheresse relative, quoique la masse des vapeurs augmente. Pendant cette marche ascendante de la température, ou pour mieux dire, pendant tout le temps que la raréfaction des vapeurs augmente, chacune de leurs particules peut conserver presque toute la tension *résineuse* qu'elle a acquise primordialement, et elle peut ainsi continuer sa réaction, comme corps isolé, contre l'action du globe. Lorsque le refroidissement commence à se faire sentir, il condense les vapeurs ; leurs particules en se rapprochant, perdent de leur isolement, elles deviennent plus conductrices, et l'influence du globe, toujours présente, toujours agissante, l'emportant enfin sur leur résistance atténuée, repousse l'*électricité résineuse* vers les couches plus élevées, et fait prendre à la couche inférieure l'état contraire, celui

d'*électricité vitrée*. Ainsi, par le seul affaiblissement dans la température, lorsque le soleil s'approche de l'horizon, des phénomènes secondaires, dépendant de celui-là, apparaissent aussitôt, et ils en produisent eux-mêmes d'un troisième ordre, comme nous le dirons bientôt.

138. Ce nouveau partage de l'électricité étant une fois accompli, l'action du globe sur les couches inférieures devient attractive de répulsive qu'elle était. Les vapeurs inférieures rendues vitrées sont attirées, elles se condensent, et les plus basses, les plus pesantes, viennent se déposer en serein ou en rosée sur les corps terrestres [1]. La seconde portion des vapeurs, celle qui a reçu l'électricité résineuse, est alors plus repoussée; elle s'élève et se tient plus éloignée du sol; une partie se condense en strates ardoisés, l'autre reste transparente selon l'abaissement de la température et la saturation de l'air. Ainsi, en ne considérant que la vapeur diurne, celle qui s'est élevée d'une contrée pendant la journée, et en ne considérant que l'influence du globe, on voit que cette vapeur a dû former deux couches bien distinctes, l'une qui est devenue plus *résineuse* par la répulsion et la propagation de l'électricité que chacune des molécules aqueuses avait emportée au moment de sa transformation en vapeur; et l'autre, cessant d'être aussi résineuse que la surface du globe, est dite *vitrée* et conséquemment attirée par lui. Une portion de cette couche inférieure condensée se résout en rosée pendant la nuit, une grande partie de son électricité s'écoule dans le globe, tandis que les strates *résineux* opaques ou transparents, se sont dissous plus ou moins pendant le même espace de temps, au milieu des couches d'air supérieures non saturées d'humidité. Tel est l'état

[1] Il en est de la théorie de Wells sur la rosée, comme de celle de H. Davy sur les brouillards : il a indiqué la cause du dépôt régulier et normal de la vapeur sur les corps refroidis par rayonnement, sans tenir compte des causes accessoires qu'il n'a pas su apprécier suffisamment. Le phénomène de la rosée n'a pas toujours cette simplicité indiquée par Wells; de même celui du brouillard est plus complexe que ne le pensait Davy. C'est pourquoi il y a dans le phénomène de la rosée une foule d'anomalies qui ont fait douter plusieurs bons esprits de la théorie de cet auteur. Wells a complétement méconnu l'influence des corps terrestres chargés plus ou moins d'électricité *résineuse* sur la vapeur inférieure, possédant une tension *vitrée* très-notable.

de l'atmosphère, lorsque le lendemain la température se relève et reproduit de nouvelles vapeurs. Cette atmosphère n'est plus, on le voit, pure de réaction comme nous l'avons supposé d'abord, elle a conservé une portion des vapeurs de la veille, possédant des tensions différentes, résultant de l'action du globe, de leur conduction intérieure et de leur légèreté spécifique.

139. Cette première cause de la complication du phénomène est peu de chose, en comparaison de celle qu'y apporte le courant tropical, courant qui porte sans cesse vers les régions polaires la masse de vapeurs résineuses qui s'élèvent toute l'année entre les tropiques.

La portion de l'atmosphère dans laquelle se passent la plupart des phénomènes qui nous atteignent, se trouve placée entre la terre et le courant qui s'approche peu à peu de la surface du globe, et dont l'abaissement reconnaît trois causes : la diminution de la température, la neutralisation progressive d'une partie des vapeurs résineuses qu'il contient, enfin le resserrement de l'espace polaire vers lequel tendent tous les courants qui partent du cercle équatorial. Par le seul effet de cette progression vers l'axe d'un grand cercle, la vapeur conserve une grande condensation, malgré les résolutions d'eau qui ont eu lieu pendant sa pérégrination.

140. En consultant les observations des capitaines baleiniers et celles des voyageurs qui ont fait de longs séjours dans les régions polaires, sur mer ou près des côtes; en comparant ces observations avec celles faites sur les continents, loin des influences maritimes, on voit que les derniers nuages plombés et tempêtueux atteignent des latitudes bien plus élevées l'été que l'hiver, et bien plus élevées en mer qu'au milieu des continents. Lorsque le soleil touche au solstice d'hiver, le refroidissement de l'atmosphère boréale abaisse ce courant en le condensant, et facilite ainsi la neutralisation de son électricité, au moyen des échanges avec le sol, dans les régions tempérées qu'il traverse. Cette action incessante du froid et des neutralisations électriques fait résoudre successivement les vapeurs qu'il contient, de telle sorte qu'il se termine l'hiver du 55e au 60e degré, devançant ou dé-

passant cette limite, suivant l'influence des plages maritimes, l'exposition des contrées et les variations accidentelles qu'il a subies dans sa route. Au delà des derniers nuages gris et surbaissés que les rafales accompagnent, on éprouve de longs calmes et une très-basse température; l'atmosphère ne contient plus alors de vapeurs proprement dites, mais de petits cristaux de glaces, produits du reste des vapeurs les plus chargées d'électricité résineuse et les plus repoussées. Ces cristaux sont tenus trop espacés les uns des autres par leur répulsion réciproque, et sont conséquemment trop disséminés pour pouvoir se grouper en nuages : leur existence ne se manifeste que par des phénomènes optiques très-communs dans ces parages, et enfin par les phénomènes lumineux de leurs décharges électriques (l'aurore boréale), lorsque leur concentration s'effectue, sujet sur lequel nous reviendrons ailleurs.

141. Lorsque le soleil revient vers notre hémisphère, il recule les limites de ce courant et en pousse successivement les derniers nuages vers de plus hautes latitudes. Cette amplitude dans les limites du courant tropical, donne deux époques tempêtueuses aux régions situées entre le 60e et le 75e degré de latitude. « Dans le printemps, dit Scoresby, les vents N., NE. et E. sont fréquents et sont accompagnés de tempêtes considérables. . . . . . En avançant dans le mois de mai, elles deviennent moins fréquentes, le temps s'améliore. . . . . , tandis que dans les régions plus au N., les plus violentes tempêtes arrivent en juillet. » Plus bas, il ajoute : « Lorsque les contrées tempérées souffrent d'une succession de tempêtes, les régions polaires jouissent d'une grande tranquillité. Après que les tempêtes d'automne sont passées, il y a une succession de temps calmes accompagnés de grands froids [1]. » Crantz [2], Guthrie [3], G. Mackenzie [4], etc., font des remarques semblables, et Guthrie s'étend même sur cette compensation des pays polaires. Nous tenons de M. Knorr, professeur à Casan, que le

[1] *An account of the arctic regions*, I, 409-413.
[2] *History of Greenland.*
[3] *Dissertation on the climate of Russia*, Ed. phil. trans., vol. 2.
[4] *Travels in Iceland during the summer of* 1810.

calme règne dans cette région pendant au moins deux mois, avec un froid de 25 à 40 degrés centigrades au-dessous de zéro.

142. La latitude où se termine le courant varie donc considérablement suivant la position des pays. Au-dessus des mers, au-dessus des contrées qui reçoivent les vents plus ou moins saturés de vapeurs chargées d'électricité résineuse, la température s'y maintient plus haute et la répulsion prolonge leur cours vers l'espace polaire. Au solstice d'hiver, cette latitude descend, en ondulant, jusqu'au 50e degré et même au 48e dans la Russie asiatique, qui s'étend du Volga à la Mer-d'Orchozk [1], tandis qu'en mer, il faut remonter jusque près du 60e et du 65e degré. La même différence existe au solstice d'été: en mer il faut remonter jusqu'au 80e degré, d'après Scoresby, pour se trouver en dehors des grosses tourmentes, tandis qu'en Sibérie elles dépassent rarement le 65e degré.

143. On peut donc considérer les vapeurs diurnes qui se répandent chaque jour entre le globe et le courant tropical, comme soumises à quatre forces qui altèrent à chaque instant et leur distribution et leur état intérieur. Ces forces sont la *pesanteur*, la *température*, la *tension résineuse du globe* et enfin *celle du courant supérieur*.

La première de ces forces est stable, permanente, et ne peut être altérée dans son action directe; ses effets seuls peuvent être modifiés par la coexistence des autres forces.

La température n'est pas davantage altérée dans son action directe; ses effets peuvent être aussi modifiés par la coexistence des autres influences; mais en ne considérant la température que sur un point

[1] Pallas dit, t. V, p. 299, que vers le 49e degré, vers Zarizin sur le Volga, les mois de décembre et janvier sont froids et calmes, que le passage des ouragans commence en février et finit en mars, puis viennent les temps variables de l'été et ses orages, et le retour des ouragans se fait de la mi-octobre à la fin de novembre. Vers Krasnoïarsk, au 56e degré sur le Jenisei, les ouragans commencent plutôt en octobre et finissent vers la mi-novembre, puis viennent les froids de —30 à —40° c. et les calmes (t. IV, p. 2).

A Kirenga, au delà du 57e degré, le froid, selon Delisle, y descend bien au delà de —50° c., il dure longtemps ainsi que le calme: avant et après les calmes sont les ouragans. (*Acad. sc.*, 1749, p. 193.)

donné du sol ou de l'atmosphère inférieure, elle éprouve des variations infinies et elle n'a de constant qu'une muabilité incessante.

Les deux dernières forces sont de la même nature, l'une provient de la surcharge d'électricité résineuse que coerce le globe terrestre; l'autre de la surcharge d'électricité résineuse que maintient coercée le courant tropical.

144. Si l'on considère la tension électrique du globe dans sa généralité, c'est-à-dire sous le point de vue astronomique, elle a probablement peu de variations dans sa puissance, mais si on la considère météorologiquement, c'est-à-dire sous le point de vue de son influence dans un lieu donné, les variations de son intensité sont nombreuses et son inconstance égale au moins celle de la température.

Enfin la tension *résineuse* du courant supérieur réunit toutes les mutations possibles. L'électricité résineuse, coercée par les vapeurs de ce courant, est plus ou moins nombreuse, sa distribution varie à chaque instant, soit par un changement dans la température, soit par l'influence du globe et par sa distance, par des terrains élevés ou des montagnes, ou par des nuages inférieurs; elle varie aussi avec les neutralisations qui ont lieu entre les vapeurs supérieures et les vapeurs diurnes; à la suite des résolutions aqueuses, et enfin avec l'étendue de l'aire où viennent se joindre tous les courants tropicaux; cette électricité du courant tropical réunit à elle seule toutes les variations possibles.

C'est au milieu de ces influences si mobiles, si variées, que la vapeur diurne se répand chaque jour, qu'elle y subit ses modifications, et c'est du résultat complexe de toutes ces actions et réactions que ressortent les phénomènes météorologiques qui nous environnent.

145. En faisant abstraction de la pesanteur, et en ne considérant les vapeurs diurnes que dans leurs rapports avec les influences d'électricité résineuse du globe et celles du courant tropical, il en résulte d'abord qu'en raison de ces influences de même nature agissant l'une de bas en haut, l'autre de haut en bas, les vapeurs diurnes doivent se diviser en trois couches bien distinctes, et doivent former des

strates reconnaissables à leurs couleurs. C'est ce qui a lieu en effet, et c'est ce qu'on peut observer chaque jour.

Celles qui s'élèvent le plus par leur légèreté spécifique, étant très-rapprochées du courant tropical, elles deviennent *vitrées* sous son influence et les nues opaques qu'elles forment sont blanches, brillantes et bien dessinées.

Celles que leur gravité retient à une hauteur moyenne, reçoivent toute l'électricité résineuse repoussée de haut en bas par ce courant, et celle qui est repoussée de bas en haut par l'action du globe. En s'opalisant, elles forment ces strates gris, ardoisés, muqueux, qui sont inférieurs aux nuages blancs, et qu'ils suivent souvent, attirés qu'ils sont par une électricité contraire.

Enfin la portion de vapeurs inférieures les plus rapprochées du sol est vitrée, et forme les brouillards blancs et humides de nos contrées, qui se résolvent promptement en bruine ou en forte rosée. De cette distribution générale il résulte, comme l'observation nous l'a démontré, que plus on s'élève, plus on se dégage de la complexité de ces couches interposées, et plus les phénomènes se simplifient en restant soumis au seul courant tropical. (Figure 10 [1].)

[1] Nous devons citer les expériences suivantes, propres à faire connaître les variations nombreuses que la distribution de l'électricité du courant tropical éprouve par l'interposition des vapeurs disposées en strates neutres ou électrisés et formant écran.

On place une sphère A sur des gâteaux de résine pour l'isoler (fig. 11); on la charge d'électricité résineuse : on place une autre sphère B neutre et isolée à 4 ou 5 décimètres au-dessus de la première. L'électricité de B se distribuera inégalement, la face en regard de A sera vitrée et la surface supérieure sera résineuse; ce fait est connu. Si l'on interpose un écran C, conducteur ou demi-conducteur (fig. 12), neutre et isolé, l'influence de A sur B n'en est point altérée, l'écran devient vitré sur sa surface vers A, et résineux sur sa face vers B : c'est ce qu'on peut constater au moyen d'un plan d'épreuve et d'un électromètre. Si l'on touche cet écran pour détruire son isolement, toute l'électricité négative repoussée par A sur la surface supérieure s'écoule dans le centre commun, et cet écran ne garde que la charge vitrée développée et coercée par l'influence de A; cette électricité vitrée est rendue latente pour les corps voisins, par la puissance résineuse de A. La sphère B ne recevant plus l'influence de A ni celle de la face supérieure de C, reprend son état naturel. Il suffit donc d'un corps interposé, chargé d'une certaine quantité d'électricité contraire, pour arrêter toute l'influence de A sur B. Si A et B sont chargés d'électricité résineuse, les centres des deux surfaces de l'écran seront vitrés et les parties les plus éloignées seront résineuses; si l'é-

CHAPITRE IX.

DE LA CAUSE DES VARIATIONS ACCIDENTELLES.

—

146. Nous connaissons maintenant les divers effets des influences électriques, nous savons comment l'état électrique peut rendre l'at-

cran est double avec un espace libre dans l'intérieur, l'électricité résineuse se retrouvera sur les faces opposées.

Si l'on place trois écrans neutres C, C′, C″, et isolés l'un de l'autre (fig. 13), la face inférieure de C sera vitrée, la supérieure résineuse : la face supérieure de C″ sera vitrée et l'inférieure résineuse : les deux faces de C′ seront vitrées au centre et résineuses vers les bords.

Si les trois écrans sont en communication, C et C″ seront vitrés et C′ sera résineux, ce qui rentre dans l'expérience décrite de 89 à 97.

On peut encore représenter une couche de vapeur par une lame de verre saupoudrée de limaille fine, collée par du vernis. En interrogeant la distribution de l'électricité sur cet amas de petits corps isolés avec un plan d'épreuve, après avoir laissé agir pendant quelque temps l'influence de la sphère électrisée, on trouve que les parcelles les plus voisines du corps influent se chargent peu à peu d'électricité contraire au détriment des parcelles plus éloignées, qui prennent alors la même électricité que celle du corps.

Cet état opposé des molécules éloignées se retrouve toujours sous les nuages limités qui traversent l'atmosphère. Au-dessous d'eux, les instruments indiquent leur propre tension électrique; mais en s'approchant des limites de leur influence, les signes deviennent contraires.

La pluie qui tombe d'un gros nuage gris reproduit également ce phénomène. Lorsque la pluie est faible, que les gouttes d'eau sont très-espacées et qu'elles ne peuvent encore servir de conducteur, elles arrivent résineuses jusque sur l'électromètre; celles qui tombent à l'entour l'influencent comme des corps *résineux;* mais aussitôt que leur nombre est suffisant pour produire une demi-conduction, les séries des gouttes inférieures deviennent de véritables conducteurs. L'électricité que le nuage attire du globe, se propageant plus vite le long de ces filets d'eau, que les gouttes de pluie ne descendent, cette électricité transforme toute la portion inférieure de l'averse, en un corps chargé d'électricité contraire à celle du nuage. Cette nouvelle tension des couches inférieures agissant puissamment sur l'instrument en raison de sa proximité, lui fait prendre des signes d'une électricité opposée à celle qu'il indiquerait si l'influence du nuage agissait seule. Lorsque la pluie diminue, les gouttes redeviennent plus espacées, leur conduction électrique s'affaiblit, elles ramènent jusqu'au sol ou près du sol leur tension primitive, et reprennent leur première influence sur l'instrument qu'elles rendent électrique comme elles. Ces affaiblissements et ces renversements de signes se reproduisent à chaque renouvellement d'ondée. Il faut donc bien se rappeler ces principes que nous avons établis d'après l'observation et la théorie des phénomènes statiques, pour ne point commettre l'erreur d'attribuer à un nuage, une autre électricité que celle qu'il possède. (Voyez l'*Institut*, 1844, n° 558, page 298.)

mosphère plus pesante ou plus légère, suivant la tension des vapeurs et leur attraction ou leur répulsion du globe ; nous devons, pour compléter cette étude, suivre la marche simultanée des instruments pendant les variations qu'éprouve la pression atmosphérique, et nous convaincre alors que les principes précédents sont bien ceux qui président à ce phénomène. Nous allons rappeler en quelques mots la valeur des instruments les plus usuels en météorologie, et quelle est la limite de confiance qu'ils méritent.

L'hygromètre est l'instrument le plus borné de la météolorogie ; il n'indique que l'humidité de l'air qui le touche, et non celle des couches éloignées, que l'on aurait le plus besoin de connaître. De plus, tous les hygromètres ont des causes d'erreur considérables, que nous ne pouvons énumérer ici ; nous dirons seulement que la confiance qu'on témoigne depuis quelque temps au psychromètre nous a toujours paru exagérée. Cet instrument, comme tous les hygromètres fondés sur le principe de l'évaporation, ne varie pas seulement suivant l'état hygrométrique de l'air, mais aussi suivant le mouvement de l'air, l'abondance du liquide qui lui arrive et la couche de poussière incrustée dans la batiste qui recouvre les réservoirs. La formule paraît, non-seulement douteuse, mais encore erronée à plusieurs savants qui l'ont étudiée (M. Laugier, Régnault, etc.) Nous pouvons justement espérer que les recherches récentes de M. Regnault nous donneront bientôt les moyens de mieux connaître le rapport des indications hygrométriques à la quantité réelle de vapeur contenue dans l'air ambiant.

147. Les électromètres obéissent à des influences un peu plus distantes que les hygromètres. Les vapeurs électriques n'ont pas besoin de les toucher pour les faire mouvoir ; mais comme les influences croissent dans des proportions très-rapides en les approchant des corps électrisés, les couches inférieures par leur proximité masquent l'action des couches supérieures, lors même que leur tension est plus faible ; la proximité l'emporte sur l'énergie. Il résulte de cet effet, que les vapeurs inférieures, même faiblement vitrées, agissent sur les électro-

mètres plus fortement que les couches supérieures, plus épaisses et plus chargées d'électricité contraire. Il est donc nécessaire de faire entrer dans les appréciations de l'état atmosphérique, l'atténuation du signe électrique normal; ce n'est que par cette diminution non motivée en apparence, qu'on soupçonne une influence contraire dans les régions supérieures, soupçon qui se change en certitude par d'autres signes que nous indiquerons, et par le résultat final qui la démontre. C'est un grave inconvénient pour les recherches météorologiques d'avoir ainsi des instruments qui n'obéissent qu'à des forces ou en contact, ou très-rapprochées, et qui laissent en dehors de leurs manifestations tout ce qui est au delà de ces zones d'influences. Jusqu'à ce que des instruments plus généraux soient inventés, nous sommes forcés d'en faire usage et de prendre les précautions convenables pour en diminuer les inconvénients et saisir dans les manifestations accessoires tous les signes qui peuvent nous éclairer.

148. Le thermomètre est aussi limité dans ses indications que l'hygromètre; ces indications ne peuvent se rapporter qu'à la température de l'air qui l'enveloppe et le touche de toutes parts : il a de plus des causes d'erreur qui lui sont particulières. Son zéro n'est point stationnaire, il remonte avec le temps et il faut en vérifier la position de temps à autre. Une seconde cause d'erreur bien plus importante que la première, c'est que sa marche n'est pas réellement l'expression de la simple température de l'air, mais d'une température abaissée par un rayonnement de son propre calorique vers l'espace céleste, rayonnement qui varie avec l'état vaporeux de l'atmosphère. Il n'apprend rien également sur la décroissance de la température des régions supérieures, et il nous laisse dans l'ignorance de l'état calorifique de l'intérieur des nuages que nous aurions tant d'intérêt à connaître, pendant leurs transformations et les réactions électriques qu'ils se font subir les uns aux autres.

149. Le baromètre, au contraire, est un instrument de totalité; il indique la pesanteur de la colonne atmosphérique tout entière; la densité ou la rareté des couches inférieures ne fait qu'ajouter ou retrancher quelque chose à la somme dont il est toujours l'expres-

sion fidèle. Cette indication générale, si précieuse sous beaucoup de rapports, a cependant un inconvénient météorologique. Il arrive souvent que la fixité du baromètre n'est pas le produit d'un état stable dans l'atmosphère, mais de l'égalité qui se rencontre entre l'augmentation de la pression des couches inférieures et la diminution des couches supérieures, et *vice versa*. Il peut en être de même de son élévation et de son abaissement dans certaines limites : l'élévation peut provenir de l'augmentation de pression des couches inférieures, ou de la diminution des couches résineuses supérieures.

Quelle que soit la réalité de cette cause d'erreur dans l'appréciation des changements de pression, cependant elle ne peut s'étendre aux grandes oscillations au-dessus ou au-dessous de la moyenne. C'est toujours par une augmentation des couches vitrées qu'elles ont lieu, ou par une augmentation des couches résineuses ; les signes accessoires suffisent souvent pour dissiper le doute. En effet, la différence de manifestation qu'il y a entre le baromètre et l'électromètre peut tenir à ce que la couche inférieure vitrée a peu d'épaisseur; sa densité n'augmentera alors que faiblement le poids total de l'atmosphère, quoique son action électrique aura pu être considérable sur l'instrument. Il arrive même souvent qu'une influence vitrée coïncide avec un abaissement du baromètre, lorsque l'addition de poids provenant de la couche vitrée inférieure, est moindre que l'accroissement de légèreté que donnent les couches supérieures, devenues plus résineuses, comme cela arrive très-souvent entre 2 et 6 h. de l'après-midi dans les beaux jours.

150. Les vents inférieurs sont soumis à un si grand nombre d'influences locales, qu'il faut à peine en tenir compte dans les prévisions météorologiques ; c'est sur la direction des courants moyens et supérieurs qu'il faut s'appuyer, et l'on doit noter attentivement leurs directions, lorsqu'il y a des nuages pour l'indiquer.

151. Dans les lieux élevés et dégagés, le vent, libre dans sa progression rapide, maintient la trajectoire des gouttes d'eau dans un angle aigu peu favorable à leur pénétration dans l'udomètre. Dans

la région inférieure, les relèvements du terrain et les monuments, altérant sa vitesse, laissent prendre à la pluie une direction moins oblique, qui facilite son entrée. Quelque physiciens pensent que c'est à cette moindre obliquité du trajet des gouttes d'eau, que les udomètres inférieurs doivent la plus grande quantité de pluie qu'ils recueillent. Pour que l'indication de ces appareils fût exacte, il faudrait que leur ouverture fût toujours perpendiculaire à la trajectoire de la pluie, ce qui n'arrive presque jamais, même pour ceux qui sont placés sur une suspension de Cardan, et s'inclinent sous l'influence du vent.

152. Toutes les difficultés ne résident pas dans l'insuffisance des instruments; elles surgissent en grand nombre de la multitude des causes secondaires qui font varier à chaque instant la pression atmosphérique.

Les vapeurs primitives, comme nous l'avons dit, au moment de leur formation, sont chargées d'électricité résineuse, puisqu'elles s'élèvent d'un corps possédant cette électricité. Si chaque particule conservait intacte sa tension résineuse, le produit météorologique serait simple, la répulsion du globe étant toujours la même, la pression diminuerait en raison de la quantité de vapeurs répandues dans l'atmosphère.

La demi-conduction des vapeurs ne permet pas cette stabilité ; à peine sont-elles disséminées dans l'atmosphère, que le globe terrestre, agissant par répulsion sur leur électricité résineuse, oblige cette dernière à s'accumuler sur la portion la plus élevée de ces vapeurs, et à rendre ainsi la portion voisine du globe moins *résineuse* que lui, c'est-à-dire, vitrée par rapport à lui. En raison de leur proximité, les vapeurs vitrées étant plus attirées que les résineuses ne sont repoussées, la pression totale en est augmentée, et dans ce moment le baromètre monte.

L'attraction condensant davantage les vapeurs vitrées, elles s'abaissent, se résolvent en rosée ou en bruine, leur électricité se neutralise facilement et laisse alors dominer sans contre-poids les vapeurs résineuses supérieures. Pendant cette nouvelle distribution, la pesanteur diminue et le baromètre baisse.

153. Si le globe terrestre était le seul corps qui agît sur les vapeurs diurnes, il ne pourrait y avoir de nuages vitrés à une grande hauteur; et ces nuages ne pourraient persister longtemps en présence de l'attraction permanente du sol. Il n'y aurait jamais d'orages véritables, il n'y aurait que des tourmentes et des tempêtes, occasionnées par la décharge des nuages résineux avec le globe. Les orages véritables, à roulement de tonnerre, n'ont lieu, comme nous le démontrerons ailleurs, qu'entre les nuages vitrés supérieurs et les nuages résineux au-dessous d'eux [1].

L'existence des nuages blancs très-élevés et placés au-dessus des strates gris, servirait seule à démontrer la présence d'une autre puissance résineuse supérieure, s'il n'en existait pas d'autres preuves. Cette seconde puissance analogue à celle du globe, dont elle n'est qu'une parcelle détachée, réside dans le courant d'air qui vient des zones torrides et qui entraîne avec lui une grande partie des nombreuses vapeurs résineuses qui s'y élèvent sans cesse de la surface des mers et du sol. C'est donc entre ces deux influences analogues que se dispersent les vapeurs diurnes de toutes les contrées extratropicales, c'est dans l'espace qui les sépare que s'opèrent toutes les transformations journalières qui constituent la plus grande partie des météores aqueux et ignés qui nous entourent.

154. Les vapeurs produites pendant la journée se dispersant dans cet espace, éprouvent une double influence de même nature, une de bas en haut de la part du globe, une de haut en bas de la part du courant tropical. De cette double influence ressort une double distribution de l'électricité dans les vapeurs renfermées dans cette enceinte.

L'espace qui sépare les deux puissances résineuses du globe et du courant tropical, ne possède pas la tension d'électricité résineuse

[1] « Au col du Géant, tant que nous ne voyions dans l'air ou sur la cime du Mont-Blanc qu'un seul nuage, quelque dense ou quelqu'obscur qu'il parût, il n'en sortait point de tonnerre; mais s'il s'en formait deux couches, l'une au-dessus de l'autre, ou s'il en montait des plaines ou des vallées, qui vinssent atteindre ceux qui occupaient les cimes, leur rencontre était signalée par des coups de vents, des tonnerres, de la grêle et de la pluie. » *Voyage de Saussure*, § 2075.

au même degré que ces corps ; par cette seule différence en moins dans sa tension résineuse, cet espace est dans l'état *négatif* ou *résineux en moins*, c'est-à-dire, *vitré* ou *positif* par rapport à ces corps. Il en résulte qu'un électromètre équilibré près de la surface du sol, possède la même tension que lui; mais aussitôt qu'on l'éloigne en l'élevant, la réaction résineuse du globe diminue rapidement sur la tige isolée qui porte l'index, tandis que les armatures restent en communication avec le sol. Dans la nouvelle distribution de l'électricité qui a lieu dans l'instrument, le voisinage du socle ou des armatures en équilibre avec le sol, attire dans la partie inférieure de la tige isolée, une grande partie de l'électricité vitrée, et la partie supérieure de la tige reçoit une quantité correspondante d'électricité résineuse [1].

155. Les vapeurs interposées entre ces deux puissances se distribuent donc en trois zones bien distinctes, comme nous l'avons dit § 106 : l'une est près du sol, elle est rendue vitrée par son influence ; l'autre est près du courant tropical, et par une cause analogue, elle est également rendue positive ou vitrée ; les vapeurs résineuses, repoussées de chaque côté, forment la zone intermédiaire. Ces trois couches sont souvent distinctes à la vue, deux surtout le sont habituellement ; la plus élevée se manifeste par des cirrho-cumuli, des cumuli blancs ou des pommelures brillantes. Ces nuages, que leur blancheur indique être chargés d'une grande tension vitrée, ne peuvent cependant s'élever jusqu'au courant tropical; leur gravité s'y oppose, ils ne peuvent se résoudre de bas en haut et former une pluie ascendante ; ce n'est qu'en repassant à l'état de fluide élastique, que leur électricité vitrée va neutraliser en partie les vapeurs résineuses de ce courant, et favoriser leur condensation et leur résolution ultérieure. Cette résolution se manifeste nettement par les filaments pennés et tremblotants de la partie supérieure des

[1] Voyez mon *Mémoire sur la Météorologie électrique*, 1re partie, dans le 14e n° des *Archives de l'électricité*, 1844.

nuages, comme on le voit chaque jour, lorsqu'on les domine du sommet d'une haute montagne.

156. Cette opposition de la gravité à l'ascension de ces cirrho-cumuli, les tient groupés en des masses considérables, à des hauteurs correspondantes à leur pesanteur d'une part et à leur attraction supérieure de l'autre; le contraire a lieu pour les vapeurs vitrées inférieures : la gravité et l'attraction électrique s'unissent pour produire leur abaissement et leur résolution; aussi ces dernières vapeurs forment rarement des nuages distincts et durables.

A peine ces vapeurs sont-elles un peu condensées et se sont-elles transformées en brouillard blanc, qu'elles s'abaissent et se résolvent en rosée ou en pluie tamisée.

Enfin, intermédiairement, les vapeurs résineuses sont reconnaissables à leur teinte grise et ardoisée, formant des strates mal définis, qui restent seuls le soir après que les vapeurs blanches supérieures ont repris la forme élastique, et que les inférieures se sont réduites en rosée.

157. Il faut tenir un compte tout spécial du courant tropical, de ce courant qui possède une force analogue à celle de la terre, mais sans en avoir la stabilité. Il s'approche ou s'éloigne suivant les saisons et descend progressivement en s'avançant dans les hautes latitudes; ses vapeurs inférieures ont leur tension résineuse atténuée par les vapeurs intermédiaires; elles descendent et se confondent avec elles; elles en augmentent énormément l'étendue et l'influence résineuse; elles produisent ces gros nuages ardoisés et tempêtueux de l'automne, si communs dans les latitudes élevées. Sous ces vapeurs à l'état de fluide élastique, le baromètre descend rapidement; mais aussitôt qu'elles se condensent, que leurs molécules se réunissent pour se globuliser, elles se massent; une partie de leur électricité intérieure est repoussée à la périphérie et forme une atmosphère électrique qui se décharge sur le sol moins résineux qu'elle, au moyen de l'agitation de l'air. A peine ces premières condensations ont-elles lieu, à peine leur répulsion intérieure est-elle dimi-

nuée, que le baromètre l'indique par sa rétrogradation ascendante; sa marche est d'autant plus rapide, que les coups de vent sont plus précipités et qu'ils déchargent plus promptement l'électricité résineuse de ces vapeurs, qui se résolvent alors en une pluie abondante.

On voit combien ce courant complique les phénomènes météorologiques, et combien il multiplie les difficultés : cependant elles ne sont pas insolubles, si l'on a toujours présent à l'esprit la composition des vapeurs qui sont formées de petits corps isolés, parfaitement distincts les uns des autres, gardant et coerçant des portions variables d'électricité semblable à celle du globe, et tous agissant par leurs forces individuelles.

158. La pression normale, celle qui répondrait à la seule gravité de l'air et des vapeurs, est donc altérée : 1° par la tension vitrée des vapeurs inférieures qui les rend plus denses en présence du globe *résineux*, et conséquemment plus pesantes; 2° par la tension des vapeurs résineuses intermédiaires qui les raréfie et les rend plus légères; 3° par la tension des vapeurs vitrées supérieures; elle ajoute peu à leur gravité à cause de l'attraction des vapeurs résineuses du courant tropical; mais en raison de leur influence sur ces dernières, elles diminuent leur répulsion intérieure et les rendent ainsi plus pesantes. Ces vapeurs vitrées concourent donc médiatement à l'augmentation de la pression, en atténuant la légèreté spécifique des vapeurs résineuses du courant; 4° le courant tropical lui-même allégit la pression en raison de son épaisseur, de sa tension et de sa distance au sol. Plus il est élevé, moins l'action du globe est puissante et moins elle augmente la répulsion intérieure des particules. Lorsqu'il s'abaisse, cette action augmente et par suite la répulsion intérieure; ces vapeurs deviennent alors comparativement plus légères; 5° le courant tropical, en s'avançant vers le pôle, pénètre dans une aire qui diminue comme le produit de la circonférence d'un grand cercle par la différence des sinus des latitudes extrêmes qui enceignent cette aire. La condensation de ces vapeurs

s'accroît donc aussi par cette cause, indépendamment de celle qui provient du refroidissement et des neutralisations ; 6° enfin, l'air partage avec les vapeurs les attractions et les répulsion électriques, et conséquemment les condensations et les dilatations qui en dépendent.

159. Nous pourrions prouver par un grand nombre d'observations la corrélation qu'il y a entre la tension électrique des vapeurs et la marche du baromètre, mais nous pensons qu'un petit nombre d'exemples devra suffire, puisqu'un plus grand nombre ne ferait que reproduire les mêmes relations.

Concordance entre la marche du baromètre et celle de l'électricité des vapeurs inférieures.

DATES.	HEURES astronom.	BAROMÈT. à zéro.	TEMPÉR. de L'AIR.	HYGROM. Saussure.	TENSION de LA VAPEUR.	VENTS SUPÉR.	VENTS MOY.	VENTS INFÉR.	TENSION ÉLECT. en degrés proportionnels.	QUANT. de PLUIE.	Observations.
29 octobre 1840. .	19h 20′	mm. 747,45	8°,8 C.	84°	67,92	»	N.	NNO.	+ 2	mm. 15	Couvert; il a plu toute la nuit.
30 id. id. . .	5 15	749,85	9,5	85	66,24	»	S.	N.	+ 79	»	Calme, voilé, brouillard roussâtre.
	18 45	754,50	7,0	82	64,57	»	S.	SE.	+ 42,5	»	Calme, un peu couvert; élongations roussâtres.
	21 55	757,20	8,0	84	67,92	»	O.	S.	+ 210	»	Brouillard.
1r novemb. 1840. .	5 0	759,20	12,2	86	71,49	»	O.	O.	+ 210	»	Id.
	19 20	763,54	9,5	87	73,59	»	O.	O.	+ 89	»	Calme plat, brouillard mouillant un peu; ciel vaporeux rougeâtre.
2 id. id. . .	19 0	766,7	5,0	89	77,19	»	E.	NO.	+ 118	»	Brouillard mouillant; calme plat.
4 id. id. . .	5 30	767,5	10,0	84	67,92	»	NE.	NE.	+ 130	»	Id., id., température voilée.
5 id. id. . .	5 20	768,6	8,0	85	69,59	»	ESE.	ESE.	+ 137	»	Id., id., id.
	22 40	770,8	7,0	86	71,49	»	»	E.	+ 160	»	Faible brouillard; id., id.
6 id. id. . .	23 15	770,8	4,5	86	71,49	»	»	E.	+ 56	»	Gros brouillard humide; calme; voilé sans limitation.
7 id. id. . .	22 30	769,0	3,8	87	73,59	»	»	SE.	+ 18	»	Brouillard mouillant peu; calme plat; sans limitation.
9 id. id. . .	1 15	767,7	7,0	87	73,59	»	»	SE.	+ 168	»	Brouillard mouillant; id., id.
10 id. id. . .	9 0	764,0	10,0	87	73,59	»	»	S.	+ 130	»	Id., id., id.
11 id. id. . .	5 0	760,5	11,0	84	67,92	»	O.	SO.	+ 65	»	Faible brouillard; vent léger; nuageux.
	19 30	755,1	11,0	90	79,09	»	OSO.	OSO.	0	2	Vent faible; nuageux; pluie.
12 id. id. . .	2 0	750,8	12,0	88	75,29	»	SO.	SO.	— 84		Vent; pluie chargée d'électricité négative; nuages; très-couvert.
	4 40	749,0	12,0	89	77,19	»	SO.	SO.	— 112	10	Id., id., id., id.
13 id. id. . .	0 45	750,0	10,0	81,5	65,75	»	O.	SO.	+ 22,5		Vent bourrasque; demi-couvert.
14 id. id. . .	0 15	755,2	8,0	80	61,22	O.	OSO.	SO.	+2150	8	Pluie fortement négative; bourrasques violentes; aux premières gouttes de pluie le baromètre a commencé à remonter.
	4 30	756,2	7,5	81	62,89	»	O.	O.	+ 15	»	Très-couvert; vent par bourrasques.
	8 30	741,0	6,0	81,5	63,73	»	»	O.	+ 57	»	Couvert; vent frais par bouffées; pluie.
	21 45	749,10	5,0	84,5	68,80	»	»	SO.	+ 268	»	Brouillard; demi-voilé; très-calme; assez beau.

160. Dans l'observation précédente, la marche des instruments est assez régulière et assez simple pour en suivre la liaison.

L'hygromètre, quoiqu'il variât peu, n'y fut pas sans utilité : les brouillards fortement vitrés, mais sans pluie, l'ont fait monter très-haut; avant et au moment de la première pluie résineuse, le baromètre descendit pour remonter à mesure qu'avait lieu la résolution du nuage résineux. On voit aussi l'hygromètre descendre et rétrograder jusqu'à 80° pendant la forte tension résineuse du 14 et une pluie de 8mm. A peine cette bourrasque était-elle terminée et à peine les signes vitrés avaient-ils reparu, que l'hygromètre remonta à 84°,5, quoique le ciel fût assez beau et ne fût plus voilé que par un faible brouillard.

161. L'électromètre marchait comme le brouillard, il notait une forte tension vitrée, lorsque le brouillard était épais et humide; il notait une moindre tension aussitôt que la résolution l'avait déchargé de la surabondance vitrée inférieure. Le brouillard diminuant de plus en plus d'épaisseur, l'électromètre, toujours influencé par les couches voisines, en suivait les indications avec un affaiblissement assez minime, qui aurait induit en erreur, si le baromètre, instrument de totalité, n'avait pas indiqué par sa rapide descente que la limite supérieure du brouillard vitré se rapprochait du sol, que sa pression diminuait et laissait agir plus isolément les vapeurs résineuses supérieures. Enfin le 11 le brouillard avait disparu; le vent, calme jusqu'alors, se leva un peu; le 12 au matin, il n'y avait plus de signes vitrés. Les signes résineux prirent leur place, le vent devint tempêtueux, la pluie tomba; ce n'était plus par une forte rosée ou une bruine que le nuage résineux se déchargeait, mais par une pluie instantanée qui suivait les bourrasques intermittentes. Le 13 fut un jour de transition, et le 14 un nuage nouveau, plus résineux encore que le premier, vint se neutraliser près du sol et se résoudre en partie. Le baromètre, qui était descendu jusqu'à 735mm, remonta aux premières gouttes de pluie, et sa marche s'accéléra avec la réapparition des brouillards, pour retomber encore à l'arrivée de nouveaux nuages résineux qui, le 18, donnèrent plus de 1500 degrés de tension rési-

neuse. Ces sombres nuages furent accompagnés de fortes bourrasques et de torrents de pluie dans les contrées à l'E., vers lesquelles ils étaient poussés.

162. Dans l'exemple précédent les échanges électriques ont eu lieu principalement entre la terre et les nuages gris, par le moyen des bourrasques de vent. Dans le suivant, ces échanges ont lieu entre deux rangs superposés de nuages, et laissent presque dans un repos complet l'atmosphère inférieure [1].

[1] Toutes les relations et tous les tableaux d'observations sont remplis des preuves de la corrélation qu'il y a entre les bourrasques et les averses : cependant des averses ont lieu également pendant le calme; mais alors c'est que les décharges électriques se font entre les nuages gris, ardoisés, inférieurs, et les cumuli blancs placés au-dessus. De Saussure cite avec étonnement les calmes plats qui succédaient instantanément après de violentes bourrasques; il les attribue à une cause impossible, comme on peut le voir dans la relation de son ascension au col du Géant, § 2074. Il n'y a que les brusques changements dans les tensions électriques après les décharges, qui peuvent faire passer ainsi l'atmosphère de la plus grande violence au repos complet.

Second tableau de la concordance du baromètre et des tensions électriques.

DATES.	HEURES.	BAROMÈT. à zéro.	TEMPÉR. de L'AIR.	HYGROM. de SAUSSURE.	TENSION de LA VAPEUR.	VENTS SUPÉR.	VENTS MOY.	VENTS INFÉR.	TENSION ÉLECT. en degrés proportionnels	QUANT. de PLUIE	Observations.
16 février 1842 .	5h 0'	mm. 770,72	8°,5 C.	67°	43,73	»	N.	N.	+- 69	»	Calme, beau; un peu de vapeur à l'horizon.
17 id. id. .	4 0	766.70	2.0	77	36.74	»	SE.	E.	+225	»	Vent frais, beau; strates de vapeur peu épais; vapeur à l'horizon.
18 id. id. .	4 30	768,08	8,5	64	40.39	»	»	N.	+640	»	Calme complet, très-beau ; vapeur rousse à l'O.
19 id. id. .	5 45	767.20	0,0	85	69,59	»	»	NE.	+135	»	Un peu de vent, très-voilé.
20 id. id. .	4 0	758.88	5.5	81	62,89	SSO.	SSO.	S.	+118	»	Peu de vent, découvert en partie; quelques strates se promènent.
21 id. id. .	4 30	756,27	10.0	80,5	62.06	»	O.	S.	+- 39	»	Calme, assez beau; quelques strates floconnes.
22 id. id. .	4 50	752.68	12,5	67	43.73	»	O.	SSE.	+150	»	Calme, couvert; brume à l'O.
	19 30	748.36	6,0	86	71,49	S.	SO.	SO.	+- 18	»	Un peu de vent, couvert; strates inférieurs gris, les supérieurs blancs.
	23 30	746.26	11.5	72	49.82	SO.	SO.	SE.	+- 32	»	Assez beau, voilé; vapeur lâche; strates floconnes.
23 id. id. .	2 0	743,52	13.5	62	38,34	S.	SO.	SE.	+- 74	»	Vent par bouffées; strates minces; au-dessus quelques cirrhi
	4 30	742.0	12.0	67	43.73	S.	SSO.	E.	+152	»	Vent; les vapeurs se massent; très-brumeux au Couchant et au Sud.
	8 40	740.70	10,0	76	55.25	»	SO.	SSE.	+506	»	Petit vent; couvert d'une épaisseur médiocre; petit brouillard.
	10 0	740.41	8.0	78	58,24	»	SO.	SSE.	+100	»	Peu de vent, demi-voilé; halo lunaire; il a plu un peu.
	19 30	739.72	6.0	90	79,09	»	SO.	SSE.	— 850	»	Calme, couvert, pluie — ; quelques strates élevés blancs vus par des lacunes.
	23 0	738,74	8.2	88	73.29	»	S.	S.	0	»	Peu de vent; couvert, pluie.
24 id. id. .	1 15	737.58	9.5	86	71.49	»	O.	NO.	+- 65	»	Peu de vent; couvert.
	4 0	737.69	9.1	86	71.49		SO.	S.	— 225	5mm.	Gros nuages; pluie —
	5 0	737,69	9.0	86	71,49	»	SO.	S.	—140	»	Couvert; alternatives de 70 à 140° —; puis 0.
	9 30	739,22	6.0	87.5	74.57	»	S.	S.	+- 89	»	Assez couvert par des strates minces qui forment halo.
	19 0	743.03	2.0	83.5	70,44	»	SO.	SO.	+- 74	»	Vent, beau ; vapeur rousse à l'horizon.
	22 0	746.12	6.0	73	53.76	»	SO.	SO.	+100	»	Vent frais, beau; les cumuli se révaporisent; vapeur rousse à l'horizon.
25 id. id. .	4 45	745.28	9.0	69	46,04	»	OSO.	SO.	+144	»	Calme, beau.
	10 0	744.44	6.0	»	»	»	»	»	»	»	Calme, un peu voilé.
	19 0	743.91	4.0	83	69,59	»	NO.	NO.	—374	»	Peu de vent, voilé; pluie, strates gris inférieurs fortement résineux; strates blancs au-dessus.
	23 0	747,75	10.0	75	51.14	O.	O.	OSO.	+150	»	Calme, un peu couvert; strates blancs élevés, quelques-uns plus gris au-dessous.

163. Cet exemple n'offre ni les rafales, ni le vent tempêtueux du précédent : du 16 au 24 février, la direction du vent varia peu, elle fut presque toujours du S. dans les régions inférieures, moyennes et supérieures; la température varia peu également et cependant le baromètre descendit de 33 millimètres. L'électromètre eut une marche fort inconstante. A toutes ces données, nous ajouterons deux signes qu'il ne faut pas omettre et qui nous sont d'une grande utilité dans la prévision du temps à venir. Le premier, est une vapeur roussâtre qui s'élève en longs filaments; elle est pour nous l'indice que le courant supérieur est peu élevé, que sa tension résineuse les attire et les rend vitrés par influence, aussitôt qu'ils sont à quelque distance de la surface. On voit au-dessous de la zone dorée de ces vapeurs une couche d'un blanc sale qui repose sur le sol. Aussi les signes électriques sont bien plus puissants à 30 mètres d'élévation que près du sol; à cette hauteur, on est plus près de cette portion vitrée qui termine le brouillard. Cependant, malgré cette grande tension vitrée, le baromètre commençant à rétrograder, indique l'arrivée d'une masse de vapeurs résineuses qui donnera de la pluie et du vent par bourrasques, si une température élevée ne s'oppose pas à sa résolution.

164. Le second signe se tire des strates cirrheux blancs, très-élevés, qui dominent les couches moyennes d'un gris foncé; ces strates clairs, fortement vitrés, échangent leur électricité par rayonnement avec les strates gris placés au-dessous, lorsque leur distance n'est pas considérable. Ces nuages gris ont ainsi une grande partie de leur électricité résineuse neutralisée par leur limites supérieures, et se résolvent en pluie sans les bourrasques qui ont lieu lorsque leur neutralisation se fait avec le sol. Aussi cette résolution d'un nuage gris de plomb sans perturbation aérienne inférieure, n'a jamais lieu sans ces strates blancs supérieurs avec lesquels il fait son échange électrique.

165. Le 1er juin 1840, le ciel resta pur et serein, le baromètre avait été le matin à 761mm,5, mais depuis ce moment, il commença à descendre rapidement; les signes d'influence vitrée diminuaient aussi beaucoup. Le lendemain dans la matinée, le ciel était

encore assez pur, mais les signes étaient prodigieusement résineux, les instruments ne pouvaient plus rien mesurer; ils sautaient de suite à leur *maximum* d'effet; les feuilles d'or d'un électroscope battaient les armatures avec rapidité.

Le 2, à midi, le baromètre était à 751^{mm}, à 3 h. à 749^{mm},8. J'entendais les étincelles électriques pétiller au-dessus de la pointe d'un électroscope; les feuilles d'or frappaient 3 et 4 fois par seconde les armatures, souvent même elles y restaient attachées. La tension résineuse était prodigieuse, et l'on se sentait affecté d'un malaise général. Depuis une heure les vapeurs s'opalisaient; elles voilaient le bleu du ciel, peu à peu elles se groupèrent en nuages, un orage se forma; mais à mesure que les nuages se massèrent, à mesure que l'orage déchargea son abondante électricité résineuse sur le sol qu'elle foudroya en plusieurs lieux dans Paris, à mesure que la pluie tombait, le baromètre remontait rapidement et déjà à 9 h. du soir il était à 754^{mm},8.

166. Le 20 octobre 1841, le baromètre était élevé, il notait 764^{mm},4 à zéro, et l'électromètre marquait 300 degrés proportionnels d'électricité vitrée en l'élevant de cinq décimètres. A partir de ce jour le baromètre descendit, tandis que les signes électriques restaient à peu près les mêmes. Le 22, entre 9 et 10 h. du soir, l'électromètre marquait 500 degrés proportionnels d'électricité vitrée en l'élevant de la même quantité, et cependant le baromètre descendait rapidement; il était à 759^{mm},2. Vers cette heure, une vapeur s'élevait de la rivière et des campagnes voisines; mais au lieu d'être blanchâtre et de se limiter à une hauteur uniforme, elle était rousse et s'élevait très-haut en longs filaments. Tout en suivant le cours du vent, elle se perdait dans l'espace bleu du ciel, en se divisant en un grand nombre de ramifications, où elle se dissipait peu à peu. Plongés sous cette vapeur, nos instruments se trouvaient placés entre un corps très-vitré dessus et un autre très-résineux au-dessous : aussi l'électricité d'influence était-elle très-grande et donnait-elle 80° proportionnels pour 2 décimètres d'élévation.

167. La couleur rousse du brouillard, sa hauteur et ses ramifi-

cations, sa disparition dans les régions supérieures, la tension vitrée qu'il avait, la descente rapide du baromètre, tout me faisait reconnaître que les régions supérieures étaient chargées de vapeurs transparentes, possédant une puissante tension résineuse, tension supérieure à celle de la terre, et qui provoquait une révaporisation du brouillard; cette vapeur vitrée, au lieu de peser sur la terre au delà de sa gravité, pesait moins, attirée qu'elle était par la tension résineuse des vapeurs supérieures. Cette réunion de circonstances me fit prédire des nuages résineux et une pluie prochaine et abondante, lorsque la tension de ces vapeurs serait un peu atténuée, et que leur condensation les rapprocherait de la terre.

168. Le 23, à 7 h. du matin, le baromètre était à $752^{mm},2$, et continuant de descendre, il était à 4 h. de l'après-midi à $745^{mm},6$. Le matin, à la première observation, le signe vitré était faible; il fallait élever l'électromètre d'un mètre pour avoir 20 degrés. A 11 h. il ne donnait plus que 2°; à 2 h. de l'après-midi le signe était renversé, il donnait 18° résineux; à 3 h. 15′ il en donnait 39.

Pendant cette journée la pluie était tombée en abondance, elle était très-résineuse et le ciel était menaçant. Le 22 au soir et le 23 au matin on distinguait trois couches dans l'atmosphère, ayant des mouvements différents. Les cirrho-strati supérieurs venaient de l'O., les strati inférieurs du SO., et les girouettes marquait un vent SE.

La pluie fut abondante toute la journée du 23, elle cessa vers le soir, les nuages furent moins épais, le ciel supérieur en parut découvert, mais il restait à 4 ou 500 mètres de minces cumulo-strati marchant rapidement du SO. au NE.; ils influençaient fortement l'électromètre qui marquait 168° vitrés en l'élévant d'un mètre, tandis que 4 h. auparavant, il donnait 39 degrés résineux. Dans ce dernier cas, l'atmosphère était chargée d'épais nuages résineux dont une partie s'était réduite en pluie, et le reste avait été emporté par le vent.

169. Le baromètre continuant à descendre et étant à 742^{mm}, il

annonçait que les couches supérieures étaient plus résineuses encore, et une nouvelle aggravation de temps.

Le 24, à 7 h. du matin, le baromètre était à 737mm; le signe vitré n'était plus que de 2 à 3°, les vents toujours S. et SO. A 8 h. du soir le baromètre était tombé à 736mm, le signe vitré étant remonté à 61 degrés proportionnels; le temps oscilla le 25 et le 26; mais le 27 il prit une marche ascendante qui continua jusqu'aux 3 et 4 novembre, où le baromètre atteignit la hauteur de 768mm. Pendant la marche descendante du baromètre et celle des signes de l'électromètre, du 21 au 26 octobre, des pluies tropicales tombèrent dans une partie de la France, et principalement dans les bassins du Rhône et de la Saône, et causèrent des inondations considérables; à Paris la pluie ne fut jamais proportionnée aux signes météorologiques; ce n'étaient que des ondées médiocres, dont les intervalles étaient remplis par une humidité extrême, par une bruine continue qui dura plusieurs jours et même jusqu'au 30 et 31 octobre. L'atmosphère supérieure n'accomplit pas son phénomène météorologique au-dessus de Paris; emportée par les vents, elle alla déverser l'abondance de ces vapeurs résineuses vers le SE. de la France.

170. Pendant toutes ces variations atmosphériques, l'hygromètre fut d'un faible secours et ne put aider en aucune manière dans le jugement à porter sur les couches supérieures de l'atmosphère. Nous ajouterons que pendant tout le temps que les signes ont été faiblement vitrés ou ont été résineux, le vent a été fort, tempêtueux, les bourrasques réglaient leur violence sur la tension résineuse que l'instrument dévoilait; tandis que sous les signes vitrés et principalement pendant les brouillards, si puissamment vitrés, il régnait un calme plat, qui rendait difficile l'appréciation de la direction du vent.

171. Il résulte de cette observation que le baromètre indiquait la présence de couches épaisses de vapeurs résineuses dans les parties supérieures de l'atmosphère; les couches minces de vapeurs vitrées dans la partie inférieure agissaient fortement sur l'électromètre; mais ne

pouvaient qu'atténuer un peu l'abaissement du baromètre, sans pouvoir contre-balancer l'action plus puissante des couches supérieures : ces couches, en se résolvant, ont produit ces pluies torrentielles qui ont inondé les plaines que la Saône et la Loire arrosent, tandis que les plus occidentales n'ont eu que de médiocres pluies.

172. Le baromètre a donc varié avec l'état électrique des vapeurs, et non avec l'état hygrométrique ni avec la température; car si nous consultons nos tables d'observations, nous trouvons, par exemple, que du trois au dix novembre 1841, il a régné un brouillard presque constant qui mouillait tous les corps qu'il touchait, et cependant le baromètre a monté jusqu'à $770^{mm},8$, le 6 et le 7; un calme plat régna pendant toute cette époque; il ne pouvait y avoir alors de vent descendant pour le presser de haut en bas. La température varia de $0^{o},5$ à $8^{o},8$ sans que la marche du baromètre en fût modifiée. Il n'en fut pas de même des signes électriques; pendant tout le temps que le brouillard fortement vitré conserva une grande épaisseur, le baromètre resta élevé; mais lorsque son électricité se fut quelque peu écoulée dans le sol, et lorsqu'une portion de ses vapeurs se fut réduite en bruine ou en rosée, il commença à rétrograder et continua à suivre l'abaissement du brouillard; ainsi le baromètre s'était tenu élevé pendant qu'il y avait beaucoup de vapeur, il baissa lorsqu'il y en eut moins; il baissa lorsque les vapeurs vitrées se furent écoulées, comme il s'était élevé lorsque les vapeurs résineuses se furent neutralisées.

173. M. Marqué-Victor a fait une observation analogue en décembre 1822. Le 22, le thermomètre avait marqué 6 et 8 degrés, et le baromètre était au-dessus de la hauteur moyenne, qui est de 749^{mm} à Toulouse. De ce jour, il prit une marche descendante, et le 24, à $9^{h}15'$ du soir, il était à 719^{mm}. Le thermomètre s'était élevé pendant ce temps jusqu'à 9 et même 10°, il avait suivi et non précédé la chute du baromètre; lors même qu'il l'eût précédé, 1 ou 2 degrés d'élévation dans la température ne pourraient pas rendre compte d'un abaissement si prompt de 30^{mm}. Mais, ce qui éclaire pour nous la marche de ce phé-

nomène, c'est que l'hygromètre descendit de 97 à 80 degrés; sa marche fut inverse à ce qu'elle est à l'approche de la nuit et de la pluie. L'électromètre indiquait une forte tension électrique : malheureusement le rapport n'en donne pas le signe. La rétrogradation de l'hygromètre et les 2° d'ascension du thermomètre, sont pour nous le signe certain que les vapeurs abaissées étaient puissamment résineuses. La répulsion terrestre ne permet pas à ces vapeurs de se déposer moléculairement sur les corps, comme font les vapeurs vitrées. De même, les vapeurs résineuses qui sont très-raréfiées par la répulsion terrestre, abandonnent plus de calorique latent pendant leur condensation que les vapeurs vitrées, et relèvent ainsi la température au moment de leur condensation. A la suite de cette chute rapide du baromètre, les ouragans et les tempêtes se déployèrent sur les côtes de l'Océan et de la Méditerranée, sur les Alpes et les Pyrénées, sur les pays voisins de Toulouse, tout en ménageant cette ville [1].

174. Je pourrais citer un grand nombre d'exemples semblables, je pourrais montrer que l'abaissement du baromètre suit toujours l'état *résineux* des vapeurs, qu'il s'élève avec l'état vitré, mais nous les croyons inutiles, puisqu'il suffit de consulter les registres d'observations. Nous terminerons par l'observation suivante de M. de Humboldt [2] : « En s'élevant depuis le niveau de la mer jusqu'au sommet des Cordillères, on voit la tension électrique augmenter graduellement, tandis qu'au contraire on observe que le calorique et l'humidité de l'air diminuent de plus en plus. . . . Dans les basses régions équatoriales, depuis la mer jusqu'à 2000 mètres, les couches inférieures de l'air sont peu chargées d'électricité; on a de la peine à en trouver des signes après 10 h. du matin, même avec l'électromètre de Bennet. Tout le fluide paraît accumulé dans les nuages, ce qui cause de fréquentes explosions électriques, qui sont périodiques, généralement deux heures après la culmination du soleil, au *maximum* de la chaleur

[1] *Mém. acad.* Toulouse, 1827, I, 109.

[2] *Tableau physique des régions équinoxiales*, in-4°, 1807, page 100.

et quand les marées barométriques sont près de leur *minimum*. . . . Entre les 1800 et 2000 mètres est la hauteur où dans les Andes les explosions électriques sont les plus fortes et les plus bruyantes; les vallées de Caloto et de Popayan sont connues par la fréquence effrayante de ces phénomènes. Au-dessus de 2000 mètres ils sont moins fréquents et moins périodiques, mais il s'y forme beaucoup de grêle, surtout à 3000 mètres d'élévation, l'air étant souvent et pour longtemps chargé d'électricité *négative, que l'on ne trouve presque pas, ou tout au plus pour quelques instants, au-dessous de* 1000 *mètres d'élévation*. . . . . . »

Nous renvoyons à ce que nous avons dit § 135 à 137 (voyez aussi § 178) pour l'explication du silence des électromètres dans les régions inférieures intertropicales; nous savons maintenant qu'outre l'humidité de l'air qui permet peu d'isolation, il faut pour produire l'immobilité des instruments que la tension résineuse des vapeurs au-dessus du sol soit égale à celle de la terre. Nous ajouterons seulement que, dans ces régions chaudes, il faut que la vapeur se soit élevée à une certaine hauteur pour éprouver la condensation et la conduction électrique nécessaires à la formation des nuages distincts et séparés en couches superposées propres à la production des orages. Au-dessous, la vapeur résineuse y domine en trop grande abondance à l'état de fluide élastique.

CHAPITRE X.

DE LA CAUSE DES VARIATIONS HORAIRES.

---

175. Les perturbations accidentelles nous ayant dévoilé la relation de cause et d'effet qu'il y a entre l'état électrique des vapeurs et les variations de la pression atmosphérique, nous devons rechercher maintenant si la pression périodique est dépendante de la même cause, ou

s'il y a une cause spéciale pour cette forme régulière du même phénomène. La vapeur élastique loin de son point de saturation conduit mal l'électricité; les influences qui agissent sur elle déplacent peu celle qu'elle contient, parce que les molécules trop éloignées les unes des autres se transmettent difficilement leurs charges réciproques. Mais à mesure qu'elle se condense, sa conduction augmente et l'électricité que chacune des particules a emportée et conservée, se répartit alors différemment suivant les influences qui agissent sur elles. Placées au-dessus de la surface résineuse du globe, les vapeurs produites pendant le jour et disséminées dans la couche inférieure de l'atmosphère, deviennent inégalement électriques. Celles qui sont les plus voisines du sol deviennent vitrées par son influence, et celles placées au-dessus en sont plus résineuses.

176. Ces faits, que nous avons démontrés précédemment, étant bien compris, plaçons-nous à l'équateur pour assister à la formation de ces immenses quantités de vapeurs résineuses qui s'élèvent et se mêlent sans cesse à l'air raréfié par la chaleur, puis à leur ascension commune. L'ascension de cette ceinture de vapeurs et d'air chaud ne se fait pas en ligne droite, comme un gaz renfermé dans un cylindre. Ses parois ne sont pas verticales et tranchées, mais elles s'inclinent et s'ouvrent de chaque côté, à mesure que ce mélange d'air et de vapeurs se refroidit et pénètre dans un air dont la densité décroît. C'est vers 4 à 5000 mètres que, par sa raréfaction, l'air cesse de presser avec supériorité contre cette atmosphère ascendante; c'est à partir de cette hauteur que cette dernière s'incline fortement et finit par prendre une direction tout à fait horizontale, se déversant ainsi de chaque côté et formant un double courant supérieur de l'équateur vers l'un et vers l'autre pôle. Le refroidissement et la raréfaction des couches supérieures déterminent les limites que peuvent atteindre ces vapeurs et la couche atmosphérique où se maintient le courant tropical. Au delà de cette zone, d'une grande épaisseur vers l'équateur, mais diminuant en s'approchant des pôles, jusqu'à disparaître tout à fait, l'atmosphère reste calme et ne peut être modifiée par cette série de phénomènes aqueux

qui se passent au-dessous d'elle. La dilatation, ou le vide partiel de la région inférieure qui résulte de cette ascension d'air, est continuellement rempli par l'air des régions voisines, plus pesant et plus froid, qui vient immédiatement subir les mêmes influences de température et d'humidité que les masses qui l'ont précédé et qu'il suit dans leur marche ascendante. C'est ce mouvement atmosphérique des zones tempérées vers la zone torride, qui produit ce courant constant qu'on rencontre vers les tropiques et qu'on nomme *vent alizé*. Ce vent d'aspiration est la reproduction en grand de celui qui pénètre dans le tuyau de l'expérience rapportée aux §§ 111, 112 et 113.

177. La température de la zone équatoriale, variant peu dans le courant du jour et de l'année, étant tenue très-élevée par les rayons verticaux du soleil, pendant le jour, et le rayonnement de la chaleur du sol et des mers, pendant la nuit, il en résulte que la production de cette masse de vapeurs et d'air chaud n'éprouve que de légères rémittences et se prête ainsi à une régularité de marche dans les phénomènes que les régions extra-tropicales ne peuvent connaître.

178. Cette masse de vapeurs formées sous l'influence résineuse de la terre, et qui est résineuse comme elle, enveloppe tous les corps placés à sa surface d'une tension homogène. C'est pourquoi nos électromètres, instruments de différences, restent le plus souvent muets au milieu de ces actions presque égales en tous sens, quelle que soit l'énergie réelle de la tension des vapeurs. Près de la mer ou des terrains humides, cette tension est encore affaiblie par la saturation de l'air, qui est alors trop conducteur; de même l'humidité atténue les manifestations de nos instruments, en se déposant sur les substances isolantes; il faut s'élever et s'éloigner du sol pour trouver un isolement plus convenable à la coercition électrique. Lorsque le soleil se rapproche de l'horizon, et que la température baisse, la condensation des vapeurs leur donne encore une meilleure conductibilité; celles qui sont élevées et qui gardaient leur tension pendant la haute température du jour, ne le peuvent plus qu'en partie; l'influence de la terre repousse l'électricité résineuse vers les couches supérieures, et rend vitrées les couches

rapprochées de sa surface; elle les attire ensuite et les fait résoudre en une rosée abondante qui humecte le sol comme le ferait une pluie réelle.

179. A partir du lever du soleil, la température s'élève et l'évaporation augmente; cet effet se continue jusque vers 2, 3 ou 4 h. de l'après-midi, selon le pays, la saison ou l'état de l'atmosphère. L'influence que nous avons reconnue aux vapeurs résineuses sur la pression, devrait donc faire baisser le baromètre dès les premières heures du jour, sans une autre cause qui s'y oppose. Cet abaissement aurait lieu si un effet dépendant des vapeurs de la veille, ne venait compenser et même surpasser d'abord le premier allégement atmosphérique, comme nous le dirons bientôt. A partir de 9 h. du matin, la chaleur augmentant rapidement ainsi que les vapeurs résineuses, et la cause retardatrice ayant disparu, l'action répulsive de la terre reprend toute sa puissance; non-seulement elle repousse ces vapeurs en masse comme un corps chargé de la même électricité, mais encore elle augmente les répulsions individuelles des molécules et allége ainsi le poids total de la colonne, et la rend moins pesante sur le baromètre, §§ 89 à 97. Aussi ce dernier, après avoir monté jusque vers 9 ou 10 h. du matin, commence à descendre faiblement d'abord, ensuite d'une manière plus rapide, jusque vers 2 ou 3 h. de l'après-midi, où s'arrête en général sa rétrogradation.

180. Pendant tout le temps que la température croît, le point de saturation s'éloigne, et la vapeur est moins conductrice; mais, lorsque vers les 2 ou 3 h. de l'après-midi la température cesse de s'élever, les nouvelles vapeurs produites augmentent la densité des précédentes, et par suite leur donnent une meilleure conduction électrique. Dès cet instant commence une nouvelle distribution de l'électricité résineuse qui obéit plus facilement à l'action répulsive de la terre. Par l'influence de cette dernière, cette électricité résineuse est repoussée vers les régions moyennes, et les couches inférieures deviennent vitrées par rapport à la surface du globe. Après cette transformation électrique, les vapeurs inférieures devenues vitrées sont plus attirées, plus condensées que les supérieures ne sont dilatées, à cause de leur éloignement d'une part et

de l'action du globe à travers une couche vitrée de l'autre. La résultante de ces pesanteurs inégales est une aggravation dans la pression atmosphérique. Dans les premiers instants, lorsque, par suite de la meilleure conduction, les vapeurs les plus inférieures deviennent vitrées et plus pesantes, il s'en forme encore assez de nouvelles résineuses pour compenser par leur répulsion l'attraction des premières; la pesanteur totale ne varie pas alors, et le baromètre reste stationnaire; mais le soleil en s'inclinant davantage, fait baisser la température, l'évaporation diminue, la condensation marche plus rapidement ainsi que les distributions inégales d'électricité; la couche vitrée inférieure s'accroît en épaisseur et en tension, la pression augmente et le baromètre monte jusque vers les 9 ou 10 h. du soir.

181. Le refroidissement ayant augmenté la densité et la conductibilité des vapeurs, les couches inférieures, fortement vitrées, sont puissamment attirées par les corps terrestres; leur tension vitrée s'y neutralise. Moins chargées alors de la même électricité, elles se repoussent moins, se rapprochent et se résolvent en rosée ou en bruine. La pression serait amoindrie, aussitôt que se dépose la première couche de rosée, s'il ne s'en formait pas d'autres; mais, pendant que ces premières vapeurs se résolvent ainsi, d'autres condensations reproduisent le même ordre de phénomènes et remplacent les premières résolutions aqueuses. Pendant tout le temps que les condensations supérieures marchent plus vite que les résolutions inférieures, le baromètre continue à monter et prolonge son mouvement jusque vers les 10 h. du soir; à partir de cette époque, les résolutions de vapeurs inférieures deviennent plus considérables que les condensations nouvelles n'en reforment, la quantité de vapeur vitrée diminue avec elle, ainsi que l'attraction terrestre, leur densité et enfin la pression qui en est le résultat.

182. La suprématie de l'écoulement d'électricité vitrée, et la diminution de la pression qui en résulte, se fait sentir dès 10 ou 11 h. du soir, et continue jusque vers les 3 ou 4 h. du matin. Cette diminution de pression s'arrête dans sa marche lorsque les couches inférieures de

l'atmosphère ont déposé la plus grande partie de leurs vapeurs et perdu leur tension vitrée. Il arrive un moment où les couches inférieures ont abandonné tout ce qu'elles pouvaient de leur électricité vitrée, pendant que le refroidissement des couches supérieures continue à s'étendre; ces couches élevées se condensent et se prêtent à leur tour à une nouvelle distribution électrique; mais en raison de leur élévation et de l'isolement qui en résulte, l'électricité vitrée, que le globe y développe par influence, s'y maintient, la condensation a lieu et par suite la pression augmente, quoique l'électromètre dévie moins que dans les heures précédentes, puisque son obéissance dépend principalement de la proximité des corps électrisés. Le baromètre au contraire, instrument de totalité, indique ces nouvelles condensations en remontant dès 4 h. du matin.

183. A cette cause de condensation et de pression, il s'en joint bientôt une nouvelle : c'est celle qui provient de l'effet des premiers rayons solaires. Aussitôt que ces rayons frappent et dilatent les couches supérieures de l'atmosphère, leur capacité augmente et les vapeurs qui s'y trouvent disséminées à des condensations diverses, sont soumises à une nouvelle évaporation; les vapeurs qui étaient condensées en vapeurs globulaires ou intermédiaires, repassent à l'état de vapeurs élastiques, et elles y repassent sous la double influence de l'augmentation de la température et des actions électriques contraires du globe et de l'espace céleste. Deux causes président donc à ce changement d'état : l'accroissement de la température et l'action puissante et permanente des influences électriques. Cette dernière cause ne peut transformer l'eau ou les globules aqueux des nuages en vapeur élastique, qu'en prenant au reste du liquide ou du nuage tout le calorique nécessaire à ce changement d'état; différant en cela de la première cause d'évaporation, l'élévation de la température, qui fournit aux vapeurs élastiques nouvelles tout le calorique latent qui leur est nécessaire. C'est donc à la nouvelle évaporation produite par la seconde cause, qu'est dû le refroidissement considérable qu'on remarque à cette époque de la journée; refroidissement d'autant plus considé-

rable, que la tension électrique y est plus grande elle-même, comme il est facile de s'en assurer par l'observation directe sur un lieu élevé, au moyen de notre électromètre.

184. Les vapeurs inférieures se sont donc refroidies par le supplément de calorique qu'elles ont fourni aux nouvelles vapeurs élastiques, et elles sont aussi devenues plus vitrées, par la soustraction de la tension résineuse que les nouvelles vapeurs lui enlèvent; elles sont en conséquence plus attirées par le globe; elles deviennent plus denses, plus pesantes, et le baromètre remonte. Ces deux causes réunies, le refroidissement de la couche inférieure et la tension vitrée plus grande, produisent une ascension *maximum* dans le baromètre, ascension qui ne s'arrête que vers 9 ou 10 h. du matin, lorsque le réchauffement a atteint la surface du globe et qu'il y a excité de nouvelles évaporations résineuses, qui neutralisent d'abord la tension vitrée qui existe en ce moment. Mais bientôt, cette nouvelle vapeur résineuse, croissant à mesure que la température du sol s'élève, se répand dans l'atmosphère et lui communique sa tension et par suite ses répulsions. Cette nouvelle vapeur et la couche d'air qu'elle remplit, devenues l'une et l'autre plus légères matériellement par la répulsion du globe, la colonne de mercure descend et recommence la même oscillation que la veille.

185. On peut juger par ce qui précède que la moindre altération dans le rayonnement nocturne, fera disparaître de prime-abord le *minimum* du matin; et en effet, pour qu'il ait lieu, il faut que le rayonnement nocturne soit assez intense et se prolonge suffisamment, pour condenser dans une épaisseur notable la vapeur inférieure, de manière à la rendre tellement conductrice, que son électricité s'écoule dans le sol, pendant qu'elle-même se dépose abondamment en rosée. Si le rayonnement nocturne est arrêté ou seulement diminué, le refroidissement en devient moindre, et par suite la condensation et la conduction électrique; le *minimum* baissera moins, ou ne sera marqué que par un temps d'arrêt dans la ligne ascendante : c'est le cas le plus ordinaire dans les zones tempérées. Aussi a-t-on

remarqué que pendant les perturbations accidentelles, c'est ce *minimum* qui disparaît le premier.

Il ressort de ce qui précède et de l'observation directe, que lorsque la perturbation accidentelle tend vers l'abaissement du baromètre, le *minimum* du soir commence plus tôt et finit plus tard, tandis que lorsque la marche du baromètre est ascendante, ce sont les *maxima* qui commencent plus tôt et finissent plus tard [1].

186. Cette succession des phénomènes aqueux et électriques qui s'opèrent dans les 24 h., recommencerait donc chaque jour sans interruption, s'il n'y avait pas des causes perturbatrices qui viennent altérer cette marche régulière de la chaleur solaire et du rayonnement nocturne. Mais cette grande régularité ne peut exister qu'entre les tropiques, où la température change peu, où elle ne produit point ces grandes différences dans la densité des vapeurs qui ont lieu dans les zones extra-tropicales. Près de l'équateur, au niveau et près des mers, la marche de la température se renferme dans 4 ou 5 degrés, tandis qu'en s'enfonçant dans les continents ou dans les zones tempérées et plus encore vers le N., la différence journalière pouvant s'étendre jusqu'à 15 et 20 degrés, ce n'est plus un dépôt de rosée qui en est la suite, c'est le plus souvent la formation des nuages, c'est de la pluie, du vent et tout ce qui en découle. Il en est de même de l'humidité; elle varie peu dans la zone torride; l'abondance des vapeurs maintient toujours l'air près de son point de saturation, et le plus petit abaissement dans la température produit des pluies considérables qui lui rendent bientôt sa transparence, et permettent de nouveau les effets des rayonnements calorifiques et la reproduction des phénomènes de la veille.

L'amplitude de l'oscillation thermométrique étant très-restreinte, l'amplitude de l'oscillation barométrique devait l'être également; l'inégalité dans la distribution électrique, la coercition et la conservation de l'électricité autour des molécules et l'accroissement dans la pression, sont des conséquences immédiates et médiates de la

[1] Voyez Ramond, 3e mém., 3e partie, page 82.

marche de la température, qui rend les vapeurs plus ou moins denses et dès lors plus ou moins conductrices.

187. En s'éloignant des tropiques, la production des vapeurs diurnes diminue; les couches inférieures de l'atmosphère contiennent moins de ces vapeurs primitives qui n'ont point encore abandonné de leur électricité résineuse. En s'élevant, elles atteignent plutôt une basse température qui les condense et leur donne une meilleure conductibilité électrique. En même temps, elles ressentent l'influence résineuse de haut en bas du courant qui a pris naissance entre les tropiques; il en résulte qu'à mesure qu'on s'avance vers les pôles, la couche des vapeurs primitives s'amincit et le refroidissement du soir agit sur des quantités moins considérables, ce qui affaiblit le mouvement horaire.

Le courant tropical étant plus élevé l'été que l'hiver, et la quantité de vapeurs diurnes étant plus grande, l'amplitude des oscillations augmente pendant la saison chaude et diminue pendant la saison froide. En voici quelques exemples donnés par MM. Kæmtz, Bouvard, Chiminello, Hällström. On remarquera que l'époque du *maximum* dans l'amplitude, varie beaucoup suivant la position géographique [1] :

	hiver,	printemps	été	automne,
	mm.	mm.	mm.	mm.
A Halle,	0,438;	0,453;	0,498;	0,519.
A Paris,	0,801,	0,843,	0,797,3,	0,581,6.
A Padoue,	0,494,	0,553,	0,575,	0,403.
A Abo,	0,740,	1,074,	0,965,5,	0,900.

[1] *Météorologie de Kæmtz*, II, 276. *Mém. acad. sc.*, Paris, 1827, et tous les tableaux de météorologie.

L'observation de M. Martins (*Compte rend.*, 1844, t. XVIII, p. 440) sur l'antagonisme qui existe entre la variation diurne et l'oscillation mensuelle, trouve son explication dans ce qui précède.

La régularité dans la production des quantités de vapeurs sous les tropiques; la régularité des influences électriques de bas en haut, dans une région qui déverse continuellement ses vapeurs sur l'un ou l'autre hémisphère; la régularité des retours thermiques et conséquemment des retours dans la condensation des vapeurs diurnes et dans leur conduction électrique : ces retours égaux, se renouvelant chaque jour de l'année, occasionnent une oscillation uniforme dans le *maximum* de la variation horaire de la pression atmosphérique. Cette régularité dans les retours thermiques reproduisant des réactions égales toute l'année, ne peut donner de grandes différences mensuelles.

CHAPITRE XI.

DE LA CAUSE DE L'INÉGALE PRESSION ATMOSPHÉRIQUE SUIVANT LA LATITUDE.

—

188. En suivant la marche du courant tropical vers les régions tempérées et froides, en suivant les transformations aqueuses et électriques qui nous ont dévoilé la cause des variations accidentelles et

En dehors des tropiques, les phénomènes se compliquent. L'évaporation diminue en raison de l'abaissement de la température; cette évaporation, en outre, ne s'y fait plus sous les mêmes conditions que celles qui existent sous la zone équatoriale; la vapeur elle-même éprouve des influences nouvelles à peu près inconnues dans la zone torride.

Le courant qui résulte des vapeurs tropicales est un élément nouveau qui possède une force agissant de haut en bas, avec une puissance qui croît à mesure qu'il s'avance vers les hautes latitudes, qu'il se rapproche du sol et qu'il agit sur de moindres quantités de vapeurs. Sous cette nouvelle influence, les vapeurs diurnes, disséminées dans l'espace qui sépare la surface du globe de ce courant, sont nécessairement massées en trois couches distinctes, comme nous l'avons dit § 105, 106 et 121; il en résulte que les changements de la température pendant l'espace d'un jour, et dont l'amplitude d'oscillation augmente avec la latitude, ne réagissent plus sur une masse de vapeurs à peu près uniforme; ils réagissent sur des couches limitées, chargées inégalement d'électricité de signes différents. Le résultat dans la pression ne peut plus être alors qu'une différence entre les condensations d'une couche et les dilatations de la couche suivante; il ne peut plus être la somme de tous les effets produits, comme cela a lieu sur les masses plus uniformes des vapeurs tropicales. Cette différence dans la pression, qui est d'abord en faveur de la couche de vapeur près du sol, diminue à mesure qu'on s'avance vers le cercle polaire; le courant tropical, en s'abaissant, laisse un moindre intervalle à la dissémination des vapeurs diurnes. Son action agit alors plus directement sur la surface du globe, dont il change souvent le signe électrique par la prédominance de sa puissante tension négative ou résineuse. Telles sont les causes de l'antagonisme de l'amplitude des oscillations diurnes et mensuelles.

La diversité des effets qu'on remarque entre les contrées océaniques et les contrées centrales et orientales, découle des mêmes causes. Dans les contrées océaniques et occidentales, l'amplitude dans l'oscillation thermique est plus faible, il est vrai, mais elle agit sur une masse considérable de vapeurs provenant des mers; la distribution de l'électricité produit, dans ces vapeurs nombreuses, toutes les condensations et les dilatations que nous avons reconnues plus haut, § 135 à 145, pour être la cause des inégalités dans la pression atmosphérique. Dans les contrées centrales, l'amplitude des oscillations thermiques y est plus grande, mais elle n'agit que sur les faibles quantités de vapeurs locales, ou sur celles du courant tropical surbaissé qui se résolvent en gros nuages

périodiques, nous allons également retrouver celle des variations dans la pression atmosphérique suivant la latitude, et nous verrons qu'elle ressort du même principe, modifié seulement par des circonstances secondaires.

189. Les vapeurs résineuses qui forment le courant tropical, éprouvent, en s'avançant vers les pôles, tous les degrés de condensation et par suite de conduction électrique que nous avons trouvés par le refroidissement de la nuit. Les vapeurs que le courant entraîne se condensent à mesure qu'elles s'éloignent des régions chaudes, et leur conduction s'en accroît, comme elle s'était accrue par le refroidissement nocturne. Les couches inférieures de ce courant deviennent moins résineuses sous l'influence terrestre, et les couches supérieures deviennent plus résineuses; de même que nous avons trouvé ce partage inégal de l'électricité des vapeurs dans la période diurne. Cependant, quoique le principe soit le même, le résultat en est modifié par trois circonstances particulières dont il faut tenir compte. La première découle de la moindre influence du globe sur les vapeurs du courant tropical que sur celles interposées entre ce dernier et la surface terrestre; la seconde provient de ce que les unes s'avancent vers les pôles, tandis que les autres restent stationnaires; la troisième enfin dépend de la portion de l'atmosphère que ces masses de vapeurs occupent.

190. L'influence de la terre sur des vapeurs disposées dans une couche placée entre 4 et 8000 mètres d'élévation, ne peut produire un effet aussi énergique que celui qu'elle produit sur celles qui sont disposées près d'elle. L'électricité résineuse du courant éprouve l'influence répulsive du globe, elle est repoussée vers les couches les plus élevées, mais elle ne l'est qu'en raison de l'énergie d'action qui peut l'atteindre; cette influence du globe n'est plus assez puissante à cette distance pour donner à la portion la plus basse de ce courant, une

gris, en pluies tempêtueuses et accidentelles, accompagnées de vents violents. Ces états particuliers des contrées centrales, occasionnent de grandes amplitudes dans les perturbations accidentelles et dans celles des saisons, mais ne peuvent produire ces oscillations régulières des tropiques ou des contrées océaniques.

tension résineuse inférieure à la sienne, c'est-à-dire, pour la rendre vitrée par rapport à lui; tout le courant reste alors résineux, mais il l'est moins dans sa couche inférieure que dans la supérieure, et ce sont les couches les plus élevées, celles qui se résoudront les dernières, qui possèdent et gardent la plus haute tension résineuse.

191. Il en est autrement des vapeurs diurnes qui sont placées près de sa surface : la proximité de position rend l'influence du globe considérable, et la tension résineuse des vapeurs est repoussée avec assez d'énergie vers les portions élevées, pour laisser aux vapeurs les plus abaissées une tension moindre que celle de la terre, ce qui les rend vitrées par rapport à elle. De cette différence dans l'intensité d'une même action, résulte une différence très-notable dans les effets, comme nous le verrons.

192. La seconde circonstance qui altère les résultats, est celle qui provient de la stabilité des vapeurs diurnes et de la progression des vapeurs tropicales. C'est la marche du soleil qui amène des changements dans la température des premières, qui les condense la nuit, les dilate et les révaporise le jour suivant; c'est la progression des vapeurs tropicales vers les pôles qui occasionne leur refroidissement et leur condensation, sans retour vers un réchauffement et une dilatation nouvelle. Quoi qu'il en soit, que l'abaissement de la température soit le produit de l'entraînement des vapeurs loin du soleil par la rotation diurne, ou qu'il soit le produit de l'entraînement des vapeurs loin du soleil, par le courant qui les porte vers les pôles, le résultat est le même sous le rapport de la condensation et de la distribution inégale de l'électricité.

193. La troisième circonstance qui différencie les résultats, consiste en ce que les effets analogues résultent du temps dans les vapeurs diurnes, et de l'espace dans les vapeurs tropicales. Et en effet, c'est aux mêmes heures que se reproduisent les mêmes phénomènes de *maximum* et de *minimum* dans les vapeurs diurnes, parce que c'est aux mêmes heures que la rotation du globe présente les mêmes plages à la chaleur solaire, ou aux rayonnements noctures; tandis

que le refroidissement, la condensation et l'abaissement des vapeurs du courant tropical, dépendent de la latitude et ne sont que légèrement influencés par le mouvement diurne. En faisant abstraction de l'influence des saisons, on trouve qu'à une latitude donnée, la même portion du phénomène général se reproduit sans cesse, comme celle du phénomène périodique se reproduit à une heure donnée. C'est la continuité du courant qui reproduit la continuité du phénomène latitudinal, comme c'est l'évaporation et la condensation renouvelées chaque jour, qui amènent aux mêmes heures la même portion du phénomène. Il faut rester sous le même degré de latitude pour obtenir un phénomène constant; il faudrait rester sous la même heure astronomique, c'est-à-dire, rester suspendu près du globe sans partager sa rotation, pour conserver la même portion du phénomène horaire.

194. En s'avançant vers les pôles, les vapeurs du courant tropical éprouvent plusieurs altérations qui déterminent leur abaissement et leur résolution. Le refroidissement est la première et la plus puissante, il fait perdre au courant, dès les premiers jours, une quantité considérable des vapeurs qui le constituent, et par leur condensation il produit son abaissement successif pendant sa progression vers les pôles, en même temps que les résolutions de ses vapeurs diminuent son épaisseur. Ce courant, chargé d'une haute tension résineuse, agit de haut en bas sur les vapeurs diurnes qui s'épanchent chaque jour dans l'espace intermédiaire; il rend vitrées celles qui s'élèvent jusque dans la sphère de son influence; et, lorsqu'elles se globulisent, on les reconnaît à leur blancheur et à leur élévation; elles forment ces stries, ces pommelures blanches, ou ces beaux cumulo-strati plus ou moins brillants, tandis qu'au-dessous s'étendent de longues traînées grises, baveuses et mal définies. La gravité de ces nuages blancs s'oppose à leur ascension en masse vers les couches résineuses qui les attirent; ce n'est qu'en repassant à l'état de fluide élastique que leur vapeur reprend une légèreté suffisante et peut aller neutraliser la couche qui leur est la plus voisine.

195. La seule interposition de ces vapeurs vitrées entre le courant

tropical et le globe, suffit pour changer les rapports répulsifs du premier (voyez § 145 et sa note, et §§ 89 à 97). Ce nuage blanc interposé, agissant comme corps vitré placé près d'une masse de petits corps résineux et indépendants, en atténue par son attraction les répulsions intérieures; de même que l'influence résineuse du courant atténue les répulsions intérieures des molécules vitrées du nuage. La conséquence de cette double influence est une augmentation dans la pression; d'abord l'électricité résineuse du courant étant en partie neutralisée par cette électricité vitrée du nuage, le globe les repousse moins et leurs molécules se repoussent moins entre elles; il en résulte une densité et une pression plus grande. De leur côté les vapeurs vitrées sont aussi devenues plus denses et sont moins vitrées pour le globe; en conséquence elles sont moins attirées et leur pression diminue; mais ce qu'elles ont perdu en attraction, elles l'ont retrouvé en densité et en pesanteur matérielle. Le résultat final est une aggravation dans la pression totale, provenant de la moindre répulsion des vapeurs résineuses du courant et de leur plus grande densité; ce premier résultat en produit bientôt un second, c'est celui de leur abaissement et des nouvelles neutralisations suivies de résolutions.

196. Le refroidissement du courant tropical, sa condensation, l'inégale distribution de son électricité, ne suivent pas toujours une marche régulière des tropiques aux pôles; ces effets sont fortement modifiés par l'influence des causes locales. Suivant qu'il passe au-dessus des régions chaudes et arides, ou des régions tempérées et humides, l'air interposé sera sec, et ses vapeurs bien isolées, ou il sera humide et ses vapeurs seront conductrices. Dans le premier cas, le courant supérieur sera moins refroidi, il aura moins de ses vapeurs neutralisées, il descendra moins et traversera ces contrées sans y verser aucune pluie comme on le voit au-dessus des déserts de sable de l'Afrique. Le contraire arrive dans le second cas; les échanges plus faciles avec les vapeurs inférieures atténuent sa tension générale, il s'abaisse, se neutralise encore, une partie de ses vapeurs se résout et la pluie est abondante; c'est ce qu'on remarque sur mer et près des côtes.

197. Au-dessus des continents fertiles, les rayonnements électriques y sont plus nombreux, plus faciles qu'au-dessus des plaines arides ; les vapeurs du courant tropical en les traversant, y éprouvent plus de neutralisations et dès lors plus de résolutions aqueuses. Les montagnes sont encore des causes d'accélération ; ce sont de véritables pointes d'où l'électricité contraire rayonne vers les vapeurs supérieures, elle les neutralise, leur enlève un élément de répulsion intérieure et abrége ainsi leur résolution.

198. Le refroidissement n'est pas le seul élément de la condensation des vapeurs résineuses supérieures, pendant leur progression vers les pôles, elles s'avancent toutes vers un point, vers l'axe du cercle qu'elles abandonnent : leur température se conserverait uniforme et les neutralisations électriques ne les atteindraient pas, que cette seule progression vers un centre, en les condensant au delà de toute proportion, provoquerait leur résolution. Cette cause est spéciale à ce phénomène, et elle entre pour une grande partie dans le résultat final. La dépression de l'atmosphère inférieure qui s'avance vers l'équateur, pour remplacer le courant ascendant, est encore une cause d'abaissement et de résolution qui n'appartient qu'à ce phénomène.

199. Pendant l'été, le point de départ des vapeurs tropicales étant rapproché du pôle, et la température se maintenant élevée jusqu'à une haute latitude, le refroidissement agit moins et laisse une plus grande part d'action à la diminution de l'aire sphérique et à la dépression des couches inférieures. Elles arrivent en abondance jusque vers le 75 et 78ᵉ degré, et portent dans ces régions extrêmes leur haute tension résineuse et leurs tempêtes. Au solstice d'hiver au contraire, ce courant ayant pris son origine à près de 20 degrés au delà de l'équateur, le refroidissement et les neutralisations électriques en ont dépouillé l'atmosphère dans une plus grande proportion, et elles terminent leur course vers le 60ᵉ degré dans un cercle plus étendu et d'une manière moins violente ; dans les hautes latitudes, l'hiver est l'époque des calmes, comme l'été est celle des coups de vents et des tempêtes.

200. Voyons maintenant les modifications qui se passent dans le

sein de ce courant par le seul effet du refroidissement et des distributions de son électricité, sans avoir égard aux différentes perturbations locales et passagères qu'il éprouve.

L'abaissement dans la température du courant tropical en condense les vapeurs et les rend plus conductrices, les couches supérieures en acquièrent une plus haute tension résineuse au détriment des couches inférieures. L'action répulsive du globe diminuant avec la distance, il en résulte que la portion d'électricité résineuse repoussée, allége moins les vapeurs qui la reçoivent, qu'elle n'allégeait les vapeurs inférieures. En tenant compte de la différence de la pesanteur, on trouve qu'à quantité égale d'électricité résineuse, les molécules des vapeurs supérieures pèsent matériellement plus que les vapeurs inférieures.

201. Ce déplacement d'une quantité d'électricité résineuse, quoiqu'insuffisant pour rendre vitrée la couche inférieure, n'en produit pas moins le même effet, celui d'une moindre répulsion totale et d'une moindre dilatation intérieure. Quel que soit le degré de la tension des couches inférieures, dès l'instant qu'elle a été amoindrie, la pesanteur s'en est accrue; le premier effet que doit produire cette inégale distribution de l'électricité résineuse dans le courant tropical, sera donc une augmentation dans la pression générale; cette augmentation dans la pression s'observe presque toujours aussitôt que les couches supérieures s'opalisent, et même avant que cet état se manifeste à nos yeux. On voit le baromètre s'arrêter d'abord dans sa marche descendante, puis remonter aussitôt que la formation des nuages indique une nouvelle et inégale distribution électrique.

202. A l'origine du courant tropical, l'espace qui le sépare de la surface du globe est considérable; sa limite inférieure est au moins à 6,000 mètres. C'est dans ce vaste espace que les vapeurs diurnes se dispersent et ont toute liberté de s'agglomérer en couches épaisses, ou en masses limitées, chargées d'électricités différentes, selon leur dépendance de l'influence du globe ou du courant supérieur. Les trois couches qu'elles forment sont alors bien distinctes et bien espacées : la couche vitrée inférieure qui n'est visible que sous la

forme de brouillard, mais qui est toujours sensible à l'hygromètre et à l'électromètre; la couche moyenne résineuse, réceptacle des vapeurs repoussées de bas en haut par le globe, et des vapeurs repoussées de haut en bas par le courant tropical; enfin la couche vitrée supérieure, revêtant toujours la forme de nuages blancs, lorsque ses vapeurs sont globulisées. Toutes ces couches prennent des dimensions d'autant plus grandes que le courant tropical est plus haut [1], et elles laissent assez d'espace entre elles pour être isolées et conserver à peu près leur tension. Ainsi vers l'origine de ce courant, lorsque ses vapeurs sont encore très-élevées, la pesanteur s'accroît pendant leur progression :

1° Par la répulsion de l'électricité résineuse vers les couches les plus élevées;

2° Par l'interposition d'épaisses couches de vapeurs vitrées;

3° Par la résolution d'une partie des vapeurs résineuses qui sont neutralisées.

203. Tant que les vapeurs font partie du courant tropical, elles ne peuvent se transformer en vapeurs globulaires, comme les vapeurs placées au-dessous : étant dispersées dans une atmosphère très-raréfiée et n'ayant qu'une faible pression au-dessus d'elles, elles sont trop peu condensées pour subir cette transformation; à ces causes vient se joindre celle de la répulsion terrestre qui rend les vapeurs résineuses plus rares, plus légères et moins conglomérantes. Ce n'est que lorsqu'elles se sont abaissées dans les couches plus denses de l'atmosphère, lorsqu'elles ont subi l'influence d'une plus grande pression et de neutralisations successives, qu'elles peuvent enfin atteindre la condensation nécessaire à la globulisation. Leur abaissement dérive de trois causes : le refroidissement qui les condense et les rend plus pesantes;

[1] Les orages sont d'autant plus considérables que cet espace est plus étendu. Il faut pour former un orage, une épaisse couche de cumuli blancs bien séparés des nues d'un gris de plomb par un espace isolant. Moins cet espace sera étendu, moins les cumuli blancs auront d'épaisseur et de tension électrique, et moins les orages seront nombreux et violents; c'est pourquoi l'hiver et les hautes latitudes en ont peu ou n'en ont pas; le courant tropical est alors trop près du sol. Les orages ne se forment qu'au moment où les cumuli blancs s'abaissent par l'augmentation de leur poids, et entrent dans la sphère d'activité de l'électricité résineuse des nues plombées.

la neutralisation d'une portion de leur électricité résineuse par les vapeurs vitrées inférieures, neutralisation qui permet à leurs molécules de se rapprocher et de se condenser; enfin leur agglomération en s'avançant vers une aire plus restreinte. Leur tension résineuse, augmentée par l'influence de celle du globe, s'oppose plus long-temps à leur rapprochement globulaire, tandis qu'à pesanteur égale, l'attraction du globe diminuant l'intensité de la répulsion intérieure des vapeurs vitrées, facilite cette agglomération globulaire.

204. A mesure que ce courant s'avance vers le N., et qu'il s'abaisse, l'espace intermédiaire diminue; les vapeurs diurnes y sont moins abondantes, l'influence résineuse de la terre sur le courant augmente, et dès lors elle affaiblit l'action qu'il exerçait sur les vapeurs inférieures; la couche vitrée supérieure s'amoindrit et n'est le plus souvent qu'un strate assez mince, comme on le voit l'hiver dans les régions tempérées. Aussi voit-on ces épais strates brillants, ces gros cumuli superposés, disparaître peu à peu, et ne laisser entre le courant et le globe que de légères couches blanches, plus rapprochées du sol. Par suite de ce rapprochement du courant tropical, et de la haute tension résineuse que ses vapeurs ont acquise par les transformations successives de ces couches inférieures, ces vapeurs conservent toujours une raréfaction plus grande que ne le comporte leur pesanteur, elles pèsent moins que le volume d'air ou de vapeurs vitrées qu'elles déplacent.

205. En résumé, l'abondance des vapeurs résineuses vers l'équateur allége la pression; puis, en s'avançant vers les tropiques et le dépassant, la pression a augmenté en raison de la quantité qu'on en a vue se résoudre et de l'inégale distribution de leur électricité, qui a rendu moins résineuse la couche la plus voisine du globe. A cette cause, propre au courant tropical, se sont ajoutées les influences secondaires des vapeurs diurnes, de leur distribution et de leurs tensions propres, donnant pour résultante une plus grande pression. Ces influences secondaires, s'affaiblissant peu à peu pendant la progression, les réactions contraires du courant tropical et du globe deviennent plus in-

tenses en se rapprochant; elles diminuent la pression en rendant plus légère la vapeur résineuse du courant. De cette succession d'effets, il résulte que l'augmentation de pression, après avoir atteint un *maximum* du 30 au 33e degré de latitude, s'arrête et rétrograde d'une manière continue, avec une rapidité variable jusqu'à un *minimum* que nous allons indiquer.

Cette décroissance, très-faible d'abord, augmente quelque peu vers le 45e degré, mais ce n'est qu'après le 50e que sa marche est plus rapide, et enfin c'est vers le 65e degré de latitude qu'elle paraît avoir atteint son dernier terme. Au delà de cette région, la pression s'accroît de nouveau pour continuer probablement jusqu'au pôle.

206. Dès l'instant que les vapeurs sont assez condensées pour se masser en nuages, la neutralisation électrique s'y opère plus facilement au moyen de la charge périphérique qui les entoure. La résolution des vapeurs s'en accélère et l'épaisseur du courant diminue rapidement. Dans les latitudes élevées, l'état le plus ordinaire des particules de vapeur est l'état solide; toutes se gèlent et s'agglomèrent sous un grand nombre de formes; ayant perdu leur liquidité, les vapeurs repassent moins facilement à l'état de pur fluide élastique; ce sont des particules plus ou moins composées et non la molécule élémentaire qui composent l'eau suspendue dans ces régions froides. Les nombreux halos, couronnes, parhélies, parasélènes, etc., indiquent assez leur état d'agglomération glacée; de plus, l'état solide se prête moins bien à la conduction électrique; chacun des agglomérats peut conserver une bien plus haute tension avant d'en laisser écouler une portion. Dès lors, les neutralisations latentes et particulières diminuent, elles ne peuvent plus avoir lieu que par le moyen des décharges en masse.

207. Les relations des navigateurs constatent cette déduction. Les décharges tempêtueuses sont les compagnes assidues des averses de grésil ou d'agglomérats glacés dans les régions polaires. Ce n'est que la neige pennée et à larges flocons qui tombe sans tourmente atmosphérique; elle est vitrée et conséquemment chacun de ses flocons est attiré pour son propre compte, tandis que les agglomérats résineux

ne se déchargent que par l'excès de leur tension sur celle de la terre. La multiplicité de ces résolutions réduit enfin le courant tropical aux plus minimes proportions, il n'en reste plus que les spicules glacés les plus chargés d'électricité résineuse et les plus long-temps repoussés. Arrivant de toutes parts près du pôle, ces résolutions s'y déchargent enfin et produisent un phénomène nouveau (l'aurore polaire) que nous avons indiqué dans un mémoire publié dans le 14e numéro des *Archives de l'électricité*.

208. A mesure que ces résolutions s'opèrent, l'air remplace les vapeurs; plus lourd qu'elles et dépouillé de son électricité d'emprunt, il pèse davantage et le baromètre remonte. A partir du 66e ou du 67e degré, l'atmosphère supérieure est pure, et ce n'est que près de la surface du globe qu'on voit des brumes épaisses dans les mois d'été. Ces brumes ont une hauteur très-limitée, et à peine atteignent elles la tête des mâts [1]. Mais près des pôles, pendant l'été, ou dans ces mêmes latitudes, vers le solstice d'hiver, les brumes disparaissent et laissent à l'air seul la fonction de peser sur le baromètre. Ce dernier remonte rapidement et on le trouve à 758mm sur les côtes du Spitzberg, quoique cette moyenne soit le résultat des observations de l'été, époque des brumes et du restant du courant tropical, qui atteint ces régions. Dans l'hiver le baromètre doit s'y maintenir plus haut, comme il se maintient à la même latitude dans des lieux où l'on a fait des observations d'hiver.

209. Pour compléter nos démonstrations, il faudrait rapporter quelques exemples d'observations simultanées des influences électriques des tempêtes et des pressions barométriques dans les hautes latitudes. Malheureusement les tableaux des observations faites dans ces parages manquent presque totalement d'indications électriques; à défaut de ces observations directes, nous pouvons cependant induire quelquefois l'état électrique des nuages par les autres phénomènes que nous savons en être la conséquence. C'est ainsi que la couleur

[1] Cap. Ross et Scoresby, *Americ. jour.*, XIV, 379.

plombée des nuages et la brusquerie des vents sont pour nous l'indice certain d'une haute tension résineuse; la rapidité avec laquelle descend le baromètre malgré le froid, à l'approche d'une tempête, et son ascension rapide aussitôt que les rafales, la pluie ou le grésil ont commencé à produire des neutralisations électriques, nous indiquent aussi la puissance de la tension résineuse des vapeurs supérieures. Pendant notre séjour sur le Faulhorn, nous avons eu du 26 au 31 juillet 1842, une succession d'averses de neige et de grésil qui vinrent constater les faits précédents; toutes les fois que le nuage était blanc, il ne donnait qu'une neige légère bien cristallisée, et les signes étaient vitrés; mais aussitôt que la nue qui nous enveloppait ou nous dominait était grise, c'était du grésil ou des agglomérats neigeux qui tombaient; les signes étaient alors puissamment résineux et le vent se déchaînait par rafales.

210. Toutes les fois que les relations notent la brusquerie du vent, la couleur plombée ou ardoisée des nuages, il y a certitude que leurs vapeurs sont puissamment résineuses. Les nuages vitrés abaissés près du sol ne déploient jamais ni la brusquerie, ni la violence des nuages résineux; attirés dans leur totalité et dans leurs molécules, leur électricité rayonne de tous les points vers le globe résineux avec lequel elle se neutralise; tandis que les nuages résineux ne peuvent perdre leur électricité par des décharges d'ensemble, que lorsque leur tension périphérique étant plus grande que la portion subterposée du sol, elle la rend neutre ou vitrée et s'y décharge par masse et non par rayonnement individuel.

211. En résumant ce qui précède, on voit les mêmes effets produits ou par la rotation diurne, qui fait succéder la fraîcheur des nuits à la température du jour, ou par le transport le long d'un méridien vers les régions glacées. La cause est la même : le refroidissement des vapeurs suivi de leur condensation, d'une meilleure conduction électrique, de l'inégale distribution de l'électricité qui altère alors la pression en la rendant plus grande ou plus petite, suivant qu'elle a rendu les vapeurs vitrées ou résineuses. Quelle que soit la cause du re-

froidissement, que ce soit par l'absence du soleil, par la marche des saisons ou enfin par le transport des vapeurs dans les climats polaires, le résultat est complétement le même.

CHAPITRE XII.

DE LA CAUSE DES VARIATIONS DANS LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE A LA HAUTEUR DES NEIGES PERPÉTUELLES.

—

212. Les faits précédents conduisent à prévoir les différences qui doivent exister entre les résultats obtenus au-dessous des vapeurs diurnes et ceux qui se passent au-dessus. Lors même que l'on n'aurait pas d'observations directes qui pussent constater les variations de la pression à la hauteur des neiges perpétuelles, on pourrait les déduire de tout ce que nous avons démontré dans les chapitres précédents.

On a vu que suivant les transformations des vapeurs diurnes, disséminées dans l'atmosphère inférieure, le baromètre éprouvait des pressions différentes : il descend lorsque les vapeurs résineuses prédominent; il monte lorsque ce sont les vapeurs vitrées : son ascension est d'autant plus grande que l'épaisseur ou la tension de la couche vitrée est plus considérable. Tout observateur qui aura suivi la corrélation de ces deux ordres de phénomènes, ne pourra douter de leur lien de cause et d'effet. La conséquence de ces observations est qu'en s'élevant dans l'atmosphère, on se soustrait successivement aux variations des couches inférieures, et que lorsqu'on est arrivé à la hauteur que les vapeurs diurnes n'atteignent pas, ou qu'elles n'atteignent qu'en petites quantités, les variations de pression qui en dépendent, s'écartent de celles des plaines.

213. En effet, les variations de la pression qui dépendent de l'inégale distribution de l'électricité dans les vapeurs de la journée, ne

peuvent se retrouver dans les couches de l'atmosphère qu'elles n'atteignent pas. Les vapeurs résineuses du milieu de la journée ne peuvent alléger la pression sur un baromètre placé au-dessus d'elles, et la petite quantité qui parvient à la hauteur de 3,000 mètres à notre latitude, a déjà subi un grand refroidissement, une grande condensation et une meilleure conduction électrique. A cette hauteur, ces vapeurs se trouvent sous l'influence du courant tropical, et deviennent en conséquence vitrées. C'est au-dessous de cette limite, qu'en général, se tiennent les vapeurs résineuses. A 3,000 mètres d'élévation, vers les 45e et 48e degrés de latitude, on domine le plus ordinairement les strates gris et l'on est sous l'influence des cumuli blancs.

C'est pour ce motif que les signes vitrés sont si puissants sur le sommet des hautes montagnes, et que, le plus souvent, ces montagnes produisent un fumage gris et cendré : les signes contraires, c'est-à-dire les signes résineux des instruments et le fumage blanc des montagnes très-élevées, sont des exceptions à la marche ordinaire des phénomènes ; exception pour les beaux jours de l'été, mais dont le nombre s'accroît en s'avançant dans l'hiver et lors de l'abaissement du courant tropical. Lorsque dans l'été, on voit les sommets produire un fumage blanc vitré, il y a certitude qu'une masse de vapeurs tropicales s'est abaissée jusqu'au point de les envelopper de sa puissante tension résineuse, et que des tempêtes sont imminentes.

214. L'effet immédiat qui ressort de cet état normal, de l'état vitré ou positif des vapeurs diurnes qui s'élèvent à la hauteur d'environ 3,000 mètres et qui sont poussées par le vent au-dessus du sommet des hautes montagnes, c'est d'abord d'atténuer l'influence résineuse du globe sur les vapeurs du courant tropical (§ 145 et sa note) ; c'est ensuite de rendre ces vapeurs moins répulsives entre elles, en attirant à la périphérie leur électricité spéciale ; de les rendre plus denses et enfin plus pesantes. Une portion de ces vapeurs vitrées, souvent massées en nuages blancs, attirée par la tension contraire du courant supérieur, ne peut cependant monter jusqu'à lui : d'abord sa gravité s'y oppose ; de plus, les vapeurs du courant tropical ne forment point des corps, ayant toute leur électricité à la

périphérie ; elles sont au contraire à l'état de fluide élastique, dans une région atmosphérique déjà fort raréfiée, qui permet à leurs particules de garder leur propre tension résineuse. L'action totale est alors la somme de toutes ces actions individuelles, partant d'autant de points différents qu'il y a de particules de vapeur, et non d'actions rapprochées et solidaires, comme le serait celle qui partirait de la sphère électrique d'un corps conducteur. Ce n'est donc qu'en repassant à l'état de fluide élastique que les nuages blancs, nageant au-dessous de ce courant, peuvent monter jusqu'à lui et en neutraliser les vapeurs de la zone inférieure. En observant du sommet des montagnes la révaporation des cumuli blancs, on voit leur superficie supérieure prendre un blanc plus éclatant, s'allonger en stries panachées vibrantes et disparaître dans l'espace ; on voit en même temps leurs portions inférieures perdre leur éclat, se ternir, prendre une teinte grise et descendre dans l'espace intermédiaire ; ou bien encore, si l'électricité restante n'est plus suffisante pour leur donner la légèreté nécessaire à leur suspension, on les voit se condenser et tomber en une bruine fine dans les vallées. C'est un phénomène que nous avons observé un grand nombre de fois pendant notre séjour sur le Faulhorn ; il suffit pour le voir de suivre un de ces nombreux nuages qui sortent du sein des montagnes.

215. L'ascension des vapeurs journalières, de celles qui atteignent le courant supérieur et en neutralisent quelques portions, produisent donc un double effet concordant au même but, celui d'une augmentation dans la pression atmosphérique pendant la journée. Le premier est produit par la neutralisation des vapeurs résineuses du courant tropical, et le second par l'interposition des vapeurs vitrées, entre le lieu de l'observation et ce même courant. Sur de telles sommités, la pression augmentera nécessairement dans le moment même qu'elle baissera dans la plaine, sous l'influence des vapeurs résineuses dispersées dans la couche plus inférieure ; aussi la courbe du milieu du jour est-elle ascendante sur le sommet des hautes montagnes, aux heures où elle est descendante dans les vallées inférieures.

216. Le contraire a lieu aussitôt que l'abaissement de la tempé-

rature ne permet plus à une partie des vapeurs de la plaine de s'élever au-dessus du sommet. Les vapeurs vitrées interposées se condensent, elles s'abaissent au-dessous de ces sommets ; leur interposition vitrée entre les deux électricités négatives du globe et du courant tropical, qui avait atténué leur répulsion réciproque, cessant d'y former un écran (§ 145), le sol reprend toute sa réaction répulsive contre les vapeurs du courant supérieur. Ces vapeurs ainsi repoussées, pesant moins sur le baromètre, ce dernier descend proportionnellement à cet allégement. Cette marche normale ne donne à la courbe qui en résulte qu'un seul *minimum* vers les 6 h. du matin, en juillet et en août, et une ligne ascendante quelque peu ondulée, depuis 6 h. du matin jusqu'à 9 ou 10 h. du soir, où il y a un temps d'arrêt, puis une rétrogradation vers minuit.

217. Sur le Faulhorn, on n'est pas encore assez dégagé de toutes les influences des plaines, pour ne jamais ressentir quelque peu le *minimum* de l'après-midi pendant les mois d'été. Il y a dans la ligne ascendante de 18 h. à 10 h., un temps d'arrêt, et parfois une petite rétrogradation vers 6 h. du soir, d'environ un dixième de millimètre, à l'instant où une partie des vapeurs de la plaine ont pu s'élever et dépasser ce sommet de 2,672 mètres. Ce petit *minimum* de 6 h. du soir, qui disparaît si souvent dans les jours nébuleux, n'est pas comparable à celui des plaines, ni pour l'étendue, ni pour l'heure; il arrive 4 h. plus tard et il est 7 à 8 fois plus petit. A peine ce temps d'arrêt a duré une heure, que la pression reprend le dessus et atteint rapidement son grand *maximum* à 10 h. du soir, pour redescendre plus rapidement encore jusqu'à 18 h. (6 h. du matin), où elle atteint son grand *minimum* de $0^{mm},8$ au-dessous du *maximum* de 10 h. Cette différence des courbes vient d'être de nouveau constatée par MM. Bravais et Martins au Grand-Plateau, à 3,930 mètres, dans leur ascension au Mont-Blanc à la fin d'août 1844.

218. Pour faciliter le rapprochement de la marche de la tension de la vapeur et de l'humidité relative avec celle du baromètre, j'ai réuni dans le tableau suivant les observations de MM. Kæmtz et Horner.

HEURES.	ZURICH.			SUR LE RIGI.			DIFFÉREN.	ZURICH.			SUR LE FAULHORN.			DIFFÉREN.
	TENSION de LA VAPEUR. (1)	HUMIDITÉ relative. (2)	HAUTEUR du BAROMÈT. 720mm +	TENSION de LA VAPEUR (1)	HUMIDITÉ relative (2)	HAUTEUR du BAROMÈT. 610mm +	des DEUX PRESS. 100mm +	TENSION de LA VAPEUR (1)	HUMIDITÉ relative (2)	HAUTEUR du BAROMÈT. 720mm +	TENSION de LA VAPEUR (1)	HUMIDITÉ relative (2)	HAUTEUR du BAROMÈT. 550mm +	des DEUX PRESS. 170mm +
	mm		mm	mm		mm	mm	mm		mm.	mm.		mm	mm
Midi.	10.92	58,9	4,08	+7,54	80,5	4,56	9,72	+10,05	64,0	11,57	4,86	75.4	7.88	5.70
1	10,99	58,7	3,82	7.49	—78,2	4.57	9.57	9.86	—60.7	11.25	5.04	75.7	7.75	5.50
2	11,05	—58,6	3,92	7,42	78,6	+4,58	9,44	9,87	59,2	10,99	5.09	77.0	7,66	5.55
3	10,91	60,0	3,72	7,40	79,8	4,54	9,58	9,77	—57,9	10,71	+5.16	80.7	7,59	—5.15
4	10,97	60,9	3,63	7,24	81,2	4,54	— 9,50	—9,65	58,8	—10,64	4.94	+80.8	7,50	5.15
5	11,17	65.8	—3.61	7.06	82.7	—4.50	9.51	9.86	65.6	10.76	4.62	80.5	—7.49	5.27
6	11,25	66,6	3.76	6,98	85.2	4,58	9.58	9.97	69.5	10.92	4.52	78.5	+7.51	5.41
7	11.21	71,4	3,95	6.84	85.7	4.40	9.57	9.86	74,1	11,21	4,16	77.6	7,41	5,80
8	+11,54	76.5	4.22	6.69	86.4	4.57	9.87	9.66	76.7	11.52	4.01	76.1	7,45	4.10
9	11,50	79,6	4,55	6,70	87.5	4.70	9,85	9,44	78,7	11,72	5.95	75.8	7.44	4,27
10	11.15	81,7	4,61	6,66	+87,8	+4,72	9,90	9,24	80,4	+11,79	5.86	75,0	7,41	4.59
11	11,05	85,8	+4,68	6,59	+87,8	4,68	10,00	9,08	81,6	11,77	5,80	74.4	7.56	4.41
Minuit.	10.85	85,5	4,58	6,55	87.7	4.58	+10.01	8.94	82.4	11.72	5.75	75.7	7,28	4,44
13	10,85	86,7	4,45	6,48	87,7	4,45	9,99	8,78	85,4	11,65	5.66	75,0	7.19	4.45
14	10,71	87,7	4,28	6,45	87,6	4,50	— 9.98	8,79	85,8	11,54	5.59	72.6	7.08	4.47
15	10,61	89,0	4,19	6,56	87,5	4,17	10,05	8,45	84,8	—11,51	5.55	72.5	6.96	4.55
16	—10.56	+90.0	4.18	6.51	87.5	4,09	10.10	8.52	85,7	11.54	5.50	72.1	—6.90	4.65
17	10,57	89,7	4,25	—6,27	87,0	—4,05	10,25	—8,50	86,4	11,66	5.50	71,9	—6.90	4.76
18	10.69	86,9	4,51	6,42	85,7	—4,05	10,28	8,57	+86,8	11,79	5,40	71.9	7.05	4,76
19	10,88	82,4	4.58	6.56	84.6	4.05	+10.55	8.47	84.5	11.97	5.65	70.6	7.16	+4.80
20	+11,15	76,9	+4,41	6,76	85,4	4,15	10,28	8,87	80,6	12,15	5,79	69.8	7.56	4,77
21	11,06	69,9	4,58	7,02	81,2	4,16	10,22	9,59	76,2	+12,20	4,06	—69.7	7.62	4.57
22	11.08	65.1	4.29	7.27	81.1	4.25	10.06	9.55	70.4	12.12	4.27	71.5	7.89	4.24
23	11,05	61,7	4,19	7,45	81,5	4,54	9,86	9,77	67,1	11,87	4.62	71.8	+7.99	5.97
MOYENNE.	10.97	74,6	4,2675	6,85	84,5	4,53575	9,8166	9.25	74.8	11,52	4,15	74.4	7,41	5,704

(1) Poids de la colonne de mercure faisant contre-poids à la force élastique de la vapeur contenue dans l'atmosphère à l'heure indiquée.
(2) La saturation étant 100, ces nombres indiquent la quantité existante aux heures données.

Si l'on compare les divers *maxima* et les divers *minima* que présente ce tableau, extrêmes que nous avons indiqués par les signes + et —, on verra qu'on ne peut tirer aucune induction de cause et d'effet entre la vapeur, considérée isolément, et la marche du baromètre. Il en sera de même si l'on compare les résultats de MM. Kæmtz et Forbes du 25 septembre 1832 [1], et les divers tableaux de l'Annuaire de 1841 de St-Pétersbourg.

219. La courbe des cimes placées dans la région des neiges perpétuelles, est donc distincte de celle des plaines, et elle est dépendante des altérations que le courant tropical lui-même éprouve dans ses répulsions intérieures, par la présence des cumuli blancs formés au-dessous de lui, et par les neutralisations qui résultent de la proximité de ces corps, chargés d'électricités différentes.

220. Si la cause que nous venons d'indiquer à cette nouvelle courbe est exacte, la région où elle se trouve doit baisser à mesure que l'on s'avance vers le pôle, et enfin atteindre le niveau de la mer, dans les pays où règnent les neiges perpétuelles. C'est ce qu'on observe en effet, mais avec les différences qu'y apportent les positions géographiques.

Les cimes des montagnes sont entourées de plaines, une partie des vapeurs qui s'élèvent en abondance de ces dernières peut les atteindre et les dépasser pendant le cours de la journée; il en est autrement des régions polaires : la surface du sol est elle-même le siége des neiges; elle ne reçoit pas, comme le sommet des montagnes, des vapeurs nouvelles ayant subi une transformation vitrée. Il n'y a pas ou presque pas d'intermédiaire entre le courant tropical et le sol; ce courant le touche souvent, il y apporte ses dernières vapeurs gelées, possédant une tension résineuse considérable. La présence du soleil en provoquant un peu de vaporisation, facilite la neutralisation des couches inférieures en remplissant l'atmosphère d'un nouveau conducteur. Cette vapeur diurne, disséminée au milieu de celle du courant

[1] *Mémoire sur l'extinction des rayons solaires*, PHIL. TRANS., 1842, 2me partie, p. 225—273, § 62.

surbaissé, diminue sa tension résineuse, elle diminue sa répulsion et dès lors elle augmente quelque peu sa pression.

221. Au milieu des tempêtes si nombreuses et si instantanées de ces contrées, la marche régulière et normale est très-difficile à reconnaître; il faudrait une quantité considérable d'observations pour en tirer une moyenne un peu supportable, et encore faudrait-il séparer les moyennes de l'hiver de celles de l'été. Dans cette dernière saison, les masses de vapeurs résineuses que le courant tropical apporte jusque vers les 75e et 78e degrés de latitude, font baisser énormément le baromètre en quelques heures, comme leur résolution rapide le fait remonter avec la même promptitude. Quoi qu'il en soit, au milieu de ces grandes perturbations, les observations les plus prolongées que nous ayons, donnent vers les hautes latitudes, une moyenne toute différente de celle des régions tempérées; elle se rapproche de celle des hautes montagnes. Ainsi la courbe que l'on trace sur les observations que le capitaine Parry a faites dans son second et dans son troisième voyage, ne peut laisser aucun doute à cet égard. Ces observations, comprenant des mois d'hiver et des mois d'été, donnent des résultats plus exacts que ceux que l'on peut tirer d'une station de quelques jours d'été. Les observations faites dans son 3e voyage, à Port-Bowen, à 73°13′39″ de latitude, sont d'autant plus précieuses qu'elles appartiennent à des mois d'hiver, à l'époque de l'éloignement des tempêtes finales du courant tropical : aussi, la courbe des perturbations moyennes du baromètre se rapproche-t-elle d'une ligne droite; il a fallu multiplier ses oscillations par 400 pour obtenir des courbes bien appréciables. (Voyez *figure* 17) [1].

222. Dans les onze jours d'observations faites à Magdalena-Bay

[1] Dans son second voyage, le capitaine Parry donne les moyennes suivantes au niveau de la mer, pendant sa navigation entre les 66e et 70e degrés de latitude nord :

A 4	heures du matin		—0mm,127
A 8	id.	id.	—0mm,051
A 4	id.	du soir	+0mm,205
A 8	id.	id.	—0mm,025

par MM. Martins et par d'autres savants de la commission du Nord, en août 1839, latitude 79°33′44″, les perturbations ont été telles pendant cet espace de temps, qu'il n'est pas possible d'en tirer une moyenne qui ait quelque valeur. Pour atténuer un peu l'erreur d'une ascension ou d'un abaissement trop rapides, il faut tirer une ligne droite de 0 h., à 0 h. et ne tenir compte que de l'écartement des oscillations par rapport à cette ligne, qui suit la marche générale des 24 h.; on retrouve ainsi une moyenne ascendante l'après-midi et descendante la nuit. Il en est de même de celles faites du 25 au 30 juin 1839 à Thorshaven à 62°2′43″ de latitude. En les rapportant à des droites de 24 h., on peut corriger les rapides ascensions et les chutes précipitées du baromètre dans ces latitudes.

223. Scoresby n'a point assez multiplié les observations pour conclure la marche horaire du baromètre; il y a une lacune trop grande pendant la nuit, et l'on ne peut savoir quel en a été le *minimum*, ni quelle a été son heure. Nous nous bornerons donc aux observations précédentes, pour indiquer l'analogie qu'il y a entre la pression des latitudes où règnent les neiges perpétuelles avec celle des hauts sommets qui plongent dans leur région. C'est aux observations ultérieures à régulariser cette 4e courbe, toute aussi évidente que celle des latitudes, mais qui a plus besoin encore de nouvelles recherches pour en tracer les limites.

CHAPITRE XIII.

DE LA CAUSE DES DIFFÉRENCES QUE DONNENT LES ALTITUDES BAROMÉTRIQUES.

—

224. Maintenant que nous connaissons la cause la plus puissante des perturbations dans la pression atmosphérique, il est facile de comprendre combien les mesures barométriques doivent varier suivant la

hauteur à laquelle on se trouve, et suivant l'état électrique des vapeurs. Si les observations simultanées sont faites à 2500 mètres de distance altitudinale, je suppose, la station supérieure étant placée au-dessus des vapeurs intermédiaires, la hauteur barométrique n'aura pas dans son expression, l'accroissement que l'électricité vitrée aura donné à la vapeur inférieure ; on n'aura pas la diminution de pression dépendante de son état résineux. La différence des pressions variera donc suivant l'heure de la journée, l'état du ciel, et la température. À l'origine de la journée, les vapeurs primitives, possédant une tension résineuse également répartie, sont repoussées par la terre et la répulsion moléculaire est à son *maximum* d'effet ; elles sont alors plus dilatées et moins pesantes sur le baromètre que les vapeurs à l'état neutre. Pendant tout le temps que cette vapeur s'élève et qu'elle garde sa tension uniformément répartie, la pression de la plaine est seule diminuée, la couche placée au-dessus ne peut en être affectée. Il résulte de cet état résineux des vapeurs inférieures, une moindre pression dans la plaine, laquelle n'étant point encore ressentie sur la montagne, donne une différence plus petite entre les deux stations.

225. Mais aussitôt que le refroidissement améliore la conduction électrique de ces vapeurs, l'influence du globe rendra vitrées les couches inférieures, elle rendra plus résineuses celles placées au-dessus. Nous savons par ce qui précède, que la densité des couches inférieures augmente plus que ne diminue celle des vapeurs résineuses plus éloignées du globe. La pression totale s'en accroît alors dans la région inférieure, le baromètre remonte et les deux stations seront estimées plus distantes, si la pression supérieure n'a pas changé. Ainsi, pendant l'élévation de la température, les vapeurs négatives ont fait baisser le baromètre inférieur sans affecter le supérieur, et les hauteurs ont été jugées trop faibles : lorsque, par le refroidissement, les vapeurs inférieures sont devenues vitrées, plus pesantes, le baromètre inférieur remonte, les altitudes que l'on conclut dans ce nouvel état sont plus fortes que les premières.

226. Nous avons supposé d'abord qu'aucune portion de la vapeur

des plaines n'avait altéré la pression supérieure. Cela n'est vrai que pour les journées anomales et pour le matin des jours ordinaires de l'été. Dans les beaux jours, les vapeurs dépassent de bonne heure cette hauteur, et entrent dans la sphère d'activité du courant tropical; elles s'interposent entre lui et le sol, subissent par son influence une transformation électrique; elles deviennent vitrées et atténuent par leur réaction la répulsion intérieure des vapeurs résineuses. La pression augmente alors sur la montagne au moment où elle baisse dans la plaine, double cause pour rendre la différence des altitudes trop faible, tandis qu'elle serait trouvée trop forte, si les observations simultanées se faisaient au moment de l'augmentation de pression dans la plaine ainsi que de la diminution sur la montagne. Nous allons citer quelques exemples. D'après les observations de MM. Kæmtz et Forbes, le 25 septembre 1832, la différence d'altitude entre le Faulhorn et Brientz était de 2166^{m},4 à 8 h. 15^{m} du matin, et de 2176^{m},4 à 2 h. du soir, donnant une différence de 10^{m}. En 1841, MM. Bravais et Martins ont fait des observations simultanées, le 5 août, sur le Faulhorn et à Brientz : si l'on déduit la hauteur du sommet au-dessus de Brientz à 6 h. du soir, elle sera de 2101 mètres 34 c., si on la déduit de 18 h. (6 heures du matin du 6), elle sera de 2081^{m},18; différence 20^{m},16. Si l'on compare la moyenne des observations de MM. Forbes et Kæmtz, 2173^{m} environ, et celle de MM. Bravais et Martins, 2091^{m}, on trouve la différence énorme de 82 mètres. Il faut observer que MM. Kæmtz et Forbes ont fait leurs observations à la fin de septembre, lorsque les vapeurs diurnes n'atteignaient plus le sommet du Faulhorn, lorsque toute leur influence agissait sur la station inférieure, tandis que MM. Bravais et Martins observant le 5 août, la température élevée permettait encore à une portion de ces vapeurs d'atteindre et de dépasser ce sommet et d'y apporter leur influence.

227. Les observations que nous fîmes le 5 août 1842, M. Bravais et moi, sur le Faulhorn, et mon fils, F. Peltier, à Brientz, donnèrent le résultat suivant.

Le 4 à 22 h. (le 5 à 10 h. du matin), la hauteur a été trouvée de

$2113^{m},5$, et le 5 à 6 h., c'est-à-dire 8 heures après, elle a été trouvée de $2101^{m},6$; 11 mètres 90 cent. de différence. C'est qu'à Brientz le baromètre baissa d'un millimètre 40, et qu'au Faulhorn il monta de $0^{mm},8$; notre moyenne $2107^{m},5$ se rapproche de celle de MM. Bravais et Martins, mais elle est encore d'environ 69^{m} plus basse que celle de MM. Kæmtz et Forbes, parce que notre observation est aussi du 5 août. Cette grande différence me paraît provenir évidemment de l'abaissement, à la fin de septembre, du courant tropical chargé d'électricité négative et de l'absence ou de la diminution des vapeurs blanches positives; ce qui est du reste un effet normal et annuel de la rétrogradation du soleil. Il y a 51 jours d'intervalle entre les observations du commencement d'août et celles de la fin de septembre, en ne considérant que la marche de la saison. Brientz n'est point une localité favorable pour faire ressortir toute l'étendue de ces différences: placée au fond d'une gorge profonde, ses vapeurs ne peuvent acquérir la tension résineuse qu'elles ont à Unterseen, à l'extrémité du lac de Thoun, où l'espace est plus dégagé des influences latérales. C'est dans cette dernière localité, dans le lieu le moins abrité, que nous conseillons de se placer à l'avenir pour faire des observations simultanées avec celles faites sur le Faulhorn, si l'on veut apprécier d'une manière plus complète l'influence des vapeurs des plaines aux différentes heures de la journée. C'est en choisissant les stations inférieures les plus dégagées des influences latérales, sans trop s'éloigner du sommet où se fait l'observation correspondante, que l'on pourra parvenir à faire entrer dans le coefficient de la formule barométrique, les valeurs dépendantes de l'heure et de l'état électrique des vapeurs.

228. Ces différences que l'on trouve dans les altitudes suivant l'heure de la journée étant bien constatées, quelle sera l'heure qu'il faudra choisir pour avoir la mesure la plus exacte? Nous ne pourrions actuellement résoudre cette question, et nous pensons même que l'heure devra varier suivant les localités et l'aspect du ciel. Les sommets peu élevés étant soumis aux mêmes influences horaires que les plaines, nous pensons, jusqu'à ce qu'une longue série d'observations ait

décidé la question par l'expérience, que 6 h. du matin et 7 h. du soir dans l'été, sont le moment où le baromètre atteint sa hauteur moyenne. Mais ces heures ne nous paraissent pas aussi convenables aux limites des neiges perpétuelles. A cette hauteur, c'est de midi à une heure le moment le plus propice suivant nous, c'est celui où la moyenne des pressions de la plaine et celle de la région des neiges nous paraissent le mieux se rapprocher. Lorsque l'on est assez élevé pour ne pas négliger la masse des vapeurs inférieures, sans cependant être entré dans la région des neiges, il nous semble qu'il faudrait prendre les hauteurs à 6 h. du matin, midi et 7 h. du soir pour en extraire la moyenne.

229. Pour régulariser la mesure des hauteurs au moyen du baromètre, il faudra donc tenir compte de l'état électrique des deux localités. C'est là une grande difficulté, attendu que les différences varient avec l'épaisseur et la tension des couches de vapeur. Par exemple, plus la couche vitrée sera épaisse au-dessus de la plaine, plus la différence des stations sera jugée considérable, parce que ces couches auront maintenu le baromètre inférieur à une hauteur plus grande que si elles avaient été neutres. Si ces couches au contraire sont résineuses, le baromètre étant trop bas, il indiquera une moindre différence entre les deux altitudes.

230. Au moyen des électromètres et de la couleur des nuages supérieurs et inférieurs, on pourra apprécier approximativement l'état électrique des vapeurs, et augmenter ou diminuer le coefficient d'une quantité que l'expérience seule pourra faire connaître. Les coups de vent brusques, l'abaissement rapide du baromètre, sont des indications de hautes tensions résineuses dans les régions intermédiaires et supérieures; selon donc qu'on jugera de la hauteur des vapeurs résineuses, il faudra faire entrer son action dans le calcul pour le baromètre inférieur ou dans celui du baromètre supérieur.

Les règles à suivre, les divers signes atmosphériques qui peuvent guider dans ces recherches, et les précautions qu'il faut prendre, ne peuvent faire partie de ce travail. Il faut plus d'observations que nous n'en possédons, et il faudrait en obtenir des localités montagneuses, où

des observateurs placés à différentes stations en auraient fait de simultanées, en tenant compte de tous les éléments que nous avons indiqués. Nous appelons sur ce sujet l'attention de tous les observateurs, et nous recommandons de toutes nos forces l'usage de l'électromètre d'après la méthode des influences [1]. Rappellons combien Ramond se plaignait des erreurs du baromètre, et avec quel soin il cherchait la cause de l'erreur de 37 toises (72 mètres), qu'il trouva entre la hauteur du Mont-Perdu trouvée par la triangulation et le baromètre [2].

CHAPITRE XIV.

RÉSUMÉ. — PREMIÈRE PARTIE.

1. La pression moyenne de l'atmosphère varie dans quatre circonstances bien distinctes :

Elle varie accidentellement sans régularité apparente ;

Elle varie suivant l'heure de la journée ;

Elle varie suivant la latitude ;

Enfin elle varie suivant la proximité du courant tropical.

Les différentes hauteurs de la colonne barométrique qui répondent à ces variations de la pression atmosphérique, se nomment : *oscillations accidentelles ; oscillations horaires, oscillations latitudinales, oscillations altitudinales*, §§ 25-33, 38-42, 43-61.

Variations accidentelles.

2. La pression atmosphérique varie le plus souvent sans régularité apparente, dans toutes les saisons, la nuit comme le jour, pendant un

[1] Voyez notre *Mémoire sur la cause des phénomènes électriques de l'atmosphère*.

[2] *Voyage au Mont-Perdu*. Voyez aussi l'effet des coups de vent, *Journ. de Silliman*, XVI. 72. Etc., etc.

temps humide comme pendant la sécheresse, enfin pendant une haute comme pendant une basse température, §§ 12, 13, 18, 20, 25, 31, 158, 172, etc.

3. Près de l'équateur, les variations accidentelles sont fort petites; elles dépassent rarement les variations horaires d'un demi-millimètre, tandis que dans les zones tempérées, elles s'élèvent jusqu'à 45 millimètres, et vont à près de 100 millimètres dans le voisinage du cercle polaire, § 31 à 33, etc.

4. Dans la zone tempérée, les différences entre les *maxima* et les *minima* accidentels diminuent des mois d'hiver aux mois d'été, et augmentent de ceux-ci à ceux-là. La zone tempérée se rapproche ainsi de la zone tropicale, lorsque le soleil se rapproche d'elle, en perdant un peu de l'étendue des variations accidentelles, § 31, 134.

5. Entre les tropiques, les retours des mêmes degrés dans la température se renouvelant avec régularité, et l'amplitude de leurs écarts étant peu étendue, il en résulte une uniformité de retours dans les phénomènes secondaires, comme ceux de l'évaporation, de la condensation et de la résolution des vapeurs. L'amplitude des perturbations accidentelles de la pression atmosphérique, dépendant de ces résultats secondaires, est alors resserrée dans d'étroites limites, § 186.

6. Au delà des tropiques, l'amplitude des oscillations thermiques étant plus considérable, l'amplitude des perturbations dans les phénomènes secondaires s'accroît dans la même proportion, § 187.

7. Il résulte de là qu'entre les tropiques, les phénomènes accidentels, tels que les orages et les tempêtes, troublent peu la marche uniforme des phénomènes diurnes, et se font à peine sentir sur le baromètre; tandis qu'en s'éloignant des tropiques, ils en altèrent de plus en plus la régularité des mouvements, § 177, etc.

Pression horaire.

8. Dans l'oscillation du baromètre entre les tropiques, on distingue nettement quatre marées atmosphériques pendant la durée d'un

jour; l'amplitude du mouvement barométrique qui y correspond est en général de 2mm à 2mm, 5, §§ 23, 24, 25.

9. Ces quatre marées se composent de deux *maxima* et de deux *minima*. Les deux *maxima* sont l'un de 9 à 10 h. du matin, l'autre entre 10 et 11 h. du soir. Les deux *minima* sont l'un de 3 à 5 h. du soir, et l'autre de 3 à 4 h. du matin, §§ 26 et 27.

10. C'est près de l'équateur, au milieu des mers, que ces marées atmosphériques ont le plus de régularité, ainsi que la température et l'humidité, § 177, etc.

11. Le *minimum* de la nuit n'est pas aussi général que celui de l'après-midi. Entre les tropiques même, il y a des localités où il disparaît, et d'autres où cette oscillation prend un signe contraire; en s'éloignant des tropiques, elle devient douteuse, puis elle disparaît tout à fait, § 28.

12. En s'avançant vers le pôle, le *maximum* du matin et le *minimum* du soir ont les limites de leurs oscillations plus rapprochées du passage du soleil au méridien supérieur : pour le *maximum* du soir et le *minimum* du matin, elles sont plus éloignées du passage du soleil au méridien inférieur, §§ 27 et 28.

13. Le mouvement barométrique du *maximum* et du *minimum* de la nuit est moins considérable que celui du *maximum* et du *minimum* du jour, § 28.

14. La moyenne des oscillations horaires diminue du solstice d'été au solstice d'hiver, et augmente du solstice d'hiver au solstice d'été, § 26.

15. En s'éloignant des tropiques, l'amplitude des oscillations périodiques diminue jusqu'au 64e degré de latitude, où elle est nulle, tandis que l'amplitude des oscillations accidentelles s'est considérablement augmentée, § 29 et 30.

16. En s'élevant, les oscillations horaires diminuent en général; dans la zone tempérée, elles deviennent nulles vers 3000 mètres d'altitude, § 53.

Pression latitudinale.

17. La moyenne pression atmosphérique, au niveau de la mer, augmente de l'équateur jusque vers le 30e degré, et diminue du 30e au 64e; au delà de cette latitude, elle remonte jusqu'aux pôles, §§ 38-40.

18. La pression le long d'un méridien a donc deux *minima*, un près de l'équateur et l'autre vers le 64e degré; et deux *maxima*, l'un vers le 30e degré et l'autre probablement aux pôles de froid, § 40.

19. Les lignes isobarométriques ne sont pas des parallèles à l'équateur, leurs courbes dépendent des influences locales, et non d'une cause générale. Ainsi, Nice et Avignon, au 44e degré, ont, la première, une pression moyenne de $759^{mm},087$, et la seconde, une pression moyenne de $760^{mm},824$, § 42.

Pression altitudinale.

20. En s'élevant dans l'atmosphère, l'oscillation horaire diminue graduellement, mais inégalement, selon les localités. Le *minimum* du matin disparaît le premier, puis celui du soir, §§ 53 et 54.

21. En s'approchant des neiges perpétuelles, le *minimum* du soir s'efface tout à fait pendant qu'un nouveau *minimum* du matin reparaît plus étendu que celui dont il peut rester des vestiges dans les plaines voisines, et il paraît deux heures plus tard, §§ 53-55.

22. Lorsqu'on a atteint et dépassé la limite des neiges perpétuelles, il n'y a plus qu'un *maximum* et un *minimum ;* le premier est vers 9 h. du soir et le second entre 6 et 7 h. du matin, § 54.

23. Dans les hautes latitudes, on retrouve à très-peu près la méme variation horaire que sur les sommets neigeux; on y distingue un *maximum* vers 8 h. du soir et un *minimum* qui se prolonge de 7 h. du matin jusque vers midi, §§ 59-65.

Des résultats hypsométriques.

24. Suivant l'heure de la journée, l'état du ciel, la tension et le signe électrique des vapeurs, les mesures barométriques donnent des hauteurs différentes pour les mêmes stations, §§ 66-72.

RÉSUMÉ. — SECONDE PARTIE.

—

Observations et expériences.

25. La pression générale de l'atmosphère est le résultat des deux pressions simultanées de l'air et de la vapeur, §§ 77-79.

26. L'air, étant un gaz permanent et inconducteur de l'électricité, n'éprouve d'altération directe que dans sa densité, par les variations de la température, §§ 73 et 74.

27. La vapeur au contraire, outre les variations de sa densité, change d'état; elle est en outre conductrice de l'électricité à des degrés différents, suivant sa densité, §§ 75-80.

28. Les perpétuels changements de la vapeur altèrent sans cesse sa pression; sa dissémination au milieu de l'air, communiquant à ce dernier ses mutations électriques, ses attractions et ses répulsions, elle le fait participer à toutes ses perturbations et augmente ainsi considérablement les résultats, §§ 75-80.

29. Le globe possédant une tension résineuse propre, la vapeur qui s'en élève est résineuse comme lui, §§ 81, 83, 153.

30. Un fluide élastique est formé par la réunion de particules tenues à de grandes distances et indépendantes les unes des autres; lorsque ces particules sont électrisées, elles se repoussent toutes

comme font les corps légers; elles ont alors un volume plus considérable.

Donc tout fluide électrisé est moins dense qu'un fluide neutre, § 93.

31. Lorsque toutes les particules sont à des distances uniformes, les réactions électriques intérieures sont égales en tous sens, il n'y a que les particules de la périphérie qui éprouvent une moindre réaction par leur segment extérieur; c'est par suite de l'affaiblissement dans la réaction qu'éprouvent ces segments, que les perturbations électriques se portent à la surface, §§ 93, 94.

32. Lorsqu'une masse de vapeurs électrisées est voisine d'un corps chargé de la même électricité, toutes ses molécules en sont repoussées individuellement; de plus, la portion d'électricité périphérique du nuage qui est du côté du corps est repoussée vers l'intérieur, et augmente celle des particules; cette double action produit deux effets distincts, la masse entière s'éloigne, la répulsion moléculaire est augmentée et conséquemment le volume total, §§ 95, 96.

33. Lorsque le corps voisin est chargé d'une électricité contraire, il attire les particules individuellement et augmente par son attraction la charge périphérique; le nuage en masse se rapproche, la répulsion intérieure diminue ainsi que le volume total, §§ 95, 96.

34. Dans le premier cas la vapeur pèse moins à volume égal, dans le second elle pèse plus, §§ 95, 96.

35. Les vapeurs possédant une demi-conduction électrique, l'influence résineuse du globe repousse l'électricité de même nom vers les régions élevées, et donne aux régions inférieures un état contraire ou vitré, §§ 95, 152.

36. De cette distribution de l'électricité, il résulte que la pesanteur spécifique des vapeurs supérieures en est diminuée, et que celle des vapeurs inférieures en est augmentée, §§ 95, 152.

37. L'air, par son mélange à la vapeur, participe de sa tension résineuse et de sa tension vitrée; il augmente ainsi le résultat qui appartient à la vapeur, §§ 80, 158.

38. La pression augmentera donc suivant l'épaisseur de la couche

inférieure vitrée, suivant l'énergie de sa tension, ou suivant le rapport des quantités et des tensions contraires des couches inférieures vitrées et des couches supérieures résineuses.

39. Il suffit d'un abaissement léger dans la température pour rendre meilleure la conduction des vapeurs, et pour changer la distribution de l'électricité, et par suite la pression atmosphérique. De même, une élévation dans la température révaporise les vapeurs opaques; d'autres vapeurs s'élèvent du sol; la quantité des vapeurs résineuses augmente et la pression diminue, §§ 180, 181.

40. Le globe étant un corps chargé d'électricité résineuse, reçoit difficilement celle de même nom que possèdent les vapeurs; ces dernières ne peuvent être neutralisées que par les vapeurs vitrées qu'elles attirent, ou lorsque leur densité l'emporte sur la répulsion du globe; elles s'abaissent alors, se déchargent sur le sol moins résineux qu'elles par de brusques échanges et par des rafales de vent, § 153.

41. Les vapeurs et l'air dilaté qui s'élèvent constamment entre les tropiques, forment un courant vers l'un et l'autre pôle, chargé de la même électricité résineuse que le globe d'où il provient; ce courant enferme la masse des vapeurs diurnes entre deux forces de même nature qui agissent en sens opposés.

42. Sous cette double influence résineuse, les vapeurs intermédiaires forment trois couches distinctes par leurs tensions électriques: les vapeurs ou les nuages de la couche supérieure sont vitrés par l'influence résineuse ou négative qui les domine; la couche inférieure est également vitrée par l'influence du globe; enfin, les nuages de la couche intermédiaire sont le réceptacle de l'électricité négative repoussée de haut en bas par le courant, et de bas en haut par le globe; ces nuages résineux sont gris ou ardoisés suivant l'énergie de leur tension, tandis que les vapeurs vitrées supérieures et inférieures sont blanches et brillantes, §§ 106, 145, 152-155, 156.

43. Lorsque les vapeurs positives sont nombreuses, la pression atmosphérique est très-grande; lorsque ce sont les vapeurs négatives qui dominent, la pression est faible. L'amplitude des oscillations ba-

rométriques extrêmes dépend de la différence des pressions que produit la succession des vapeurs positives et négatives, §§ 96, 108, 157.

44. L'atmosphère formant un tout solidaire avec le globe, les actions et les réactions y sont égales ; il est donc indifférent pour l'équilibre de pression qu'elle soit produite par la pesanteur seule des vapeurs, ou qu'elle soit produite par leur poids augmenté ou diminué de leur action électrique. Si le sol est plus pressé par la vapeur vitrée qui est plus dense, il reçoit un allégement équivalent à ce surcroît de pression par l'attraction qu'il en éprouve ; de même, s'il est moins pressé par la vapeur résineuse, il reçoit son supplément de pression par la répulsion qu'elle produit, §§ 97-99.

45. Cette compensation ne peut exister pour le baromètre, qui n'offre qu'une extrémité de sa colonne à la pression atmosphérique, tandis que toute la colonne éprouve la même influence électrique. La hauteur de la colonne dans le vide ne peut donc faire équilibre qu'au poids matériel de l'atmosphère, et non aux forces électriques complémentaires, §§ 99-101.

46. La pression matérielle diminuant avec les vapeurs résineuses, la colonne de mercure diminue de hauteur ; la pression matérielle augmentant avec les vapeurs vitrées, la colonne de mercure s'allonge dans la même proportion. Ainsi la pression matérielle de l'atmosphère augmente ou diminue suivant l'état électrique des vapeurs, §§ 99-101.

47. Lorsque la pesanteur spécifique de l'air varie par un changement survenu dans la température, l'équilibre de pression se rétablit instantanément par une augmentation ou une diminution dans la hauteur de la colonne atmosphérique, et le baromètre ne peut en être affecté, ou il ne l'est que très-peu pendant un temps fort court. Les hautes pressions et les grandes dépressions barométriques qui durent des semaines entières ne peuvent reconnaître cette cause, puisqu'elles ont lieu pendant l'uniformité de la température comme pendant ses divers changements, §§ 7, 8, 9, 35, 109-113.

48. La zone géographique où l'évaporation est la plus grande, est celle qui possède le plus de vapeurs résineuses primitives non satu-

rées d'électricité ; la pression y est moyenne, c'est ce qui a lieu près de l'équateur, § 177.

49. Dans la zone géographique où il y a uniformité de retours météorologiques, où les condensations et les dilatations atmosphériques s'opèrent toujours dans les mêmes limites, il y a le moins de variations accidentelles : c'est encore près de l'équateur que cette uniformité se trouve, §§ 177-186.

50. Les zones géographiques hors des tropiques, ayant une moindre élévation de température et des alternatives plus étendues, plus brusques, les vapeurs y éprouvent des condensations correspondantes, et par suite des tensions électriques fort diverses.

51. Les zones géographiques où vont se terminer les derniers nuages du courant supérieur, dont la tension résineuse s'est successivement accrue par l'action répulsive du globe, sont celles qui ont les perturbations les plus considérables, perturbations qui alternent en raison des masses qui arrivent et des éclaircies qui les séparent. Telles sont les zones qui s'étendent du 60e au 80e degré de latitude, §§ 140-145, 157.

52. Il résulte également de ce qui précède, que suivant la quantité de vapeurs négatives ou résineuses qui s'élève d'une contrée, ou qui lui arrive d'une contrée voisine, la pression diminue et le baromètre baisse, quel que soit le jour et quelles que soient l'heure et la température; il en résulte encore que la pression augmente avec leur condensation, qui permet une nouvelle distribution électrique, et qui rend les vapeurs inférieures plus vitrées ou positives, § 157.

53. Enfin, la pression est plus variable au niveau des plaines que sur le sommet des montagnes très-élevées, par le fait des perturbations des vapeurs interposées dans l'espace qui les sépare : la marche du baromètre est alors d'autant plus régulière qu'on s'élève davantage audessus de ces vapeurs, §§ 212-216.

Des variations horaires.

54. La présence du soleil relevant chaque jour la température, l'évaporation en suit les diverses phases : pendant que les vapeurs négatives s'élèvent nombreuses et se disséminent dans l'atmosphère, la pression diminue et le baromètre descend, §§ 82, 175-179.

55. Lorsque le soleil baisse et la température avec lui, les vapeurs se condensent, elles conduisent mieux, l'électricité résineuse en est plus facilement repoussée ; les vapeurs inférieures deviennent vitrées, elles sont plus attirées, plus denses, plus pesantes, et le baromètre remonte, §§ 180, 181.

56. Par suite du progrès de la condensation pendant la nuit, les vapeurs inférieures trop conductrices perdent leur électricité vitrée, elles se résolvent en rosée, en bruine ; les vapeurs résineuses supérieures agissent plus directement, sans contre-poids, et le baromètre descend.

57. Lorsque le soleil reparaît sur l'horizon, il échauffe d'abord les couches supérieures de l'atmosphère, dilate les vapeurs condensées par le refroidissement de la nuit; celles qui sont à l'état vésiculaire repassent à l'état de fluide élastique; elles se révaporisent sous l'influence répulsive de l'électricité résineuse du globe et emportent l'électricité résineuse repoussée des couches inférieures. En outre, la quantité de ces vapeurs s'étant accrue par cette influence électrique, ce surcroît prend son calorique latent au reste des vapeurs globulaires. Ces vapeurs inférieures et l'atmosphère deviennent à ce moment plus froides, plus vitrées, plus attirées par le globe, plus pesantes, et le baromètre remonte, § 183, 184.

58. Enfin les rayons solaires réchauffant la surface du sol, de nouvelles vapeurs résineuses s'en élèvent, et la même série de phénomènes recommence et s'accomplit comme le jour précédent, § 184.

De la pression suivant la latitude.

59. Le courant atmosphérique supérieur porte sans cesse vers les ré-

gions polaires les masses de vapeurs résineuses des tropiques : dès l'origine, entre les tropiques même, le refroidissement que ces vapeurs éprouvent en s'élevant en fait résoudre une quantité considérable. La grande conductibilité de l'air saturé facilite la répulsion de l'électricité résineuse vers les couches supérieures, et la neutralisation de l'électricité vitrée des couches inférieures avec le sol. Il en résulte que, dans cette zone, les vapeurs sont généralement résineuses, que la pression en est diminuée et que le baromètre se tient au-dessous de la moyenne, § 189-196.

60. A mesure que l'air perd cette surabondance d'humidité, les vapeurs deviennent moins conductrices, les vapeurs inférieures peuvent garder quelque peu la tension vitrée développée par l'influence du globe.

61. Les couches vitrées supérieure et inférieure sont d'autant plus épaisses, que le courant tropical est plus éloigné du sol : la pression générale, affaiblie d'abord par les vapeurs toutes résineuses, se relève par la pesanteur des couches vitrées qui se forment, s'étendent et persistent.

62. En s'avançant vers les pôles, le courant tropical s'abaisse, l'espace interposé entre lui et le sol diminue, et avec lui, l'épaisseur des couches des vapeurs vitrées. Ainsi, après être arrivée à un *maximum* sous l'empire des couches épaisses de vapeurs vitrées, la pression faiblit lorsque les couches s'amincissent, et cet affaiblissement continue jusque vers le 64e degré de latitude.

63. La diminution de l'aire sphérique qui reçoit tous les courants tropicaux, est une cause puissante de leur condensation et de leur terminaison vers le cercle polaire. La marche des couches inférieures de l'atmosphère vers les tropiques, pour remplacer le vide laissé par le courant ascendant, devient aussi une cause de l'abaissement de ce dernier et de sa terminaison, § 198.

64. Plus rapprochées du sol, les vapeurs résineuses du courant supérieur sont plus repoussées, la pression en est diminuée jusqu'à ce que, par leur condensation globulaire et par leur résolution ultérieure, elles rendent à l'air pur une plus grande part dans la pe-

santeur générale; la pression s'en accroît alors, et le baromètre remonte pour ne plus redescendre jusqu'aux pôles, §§ 202-206.

De la pression à la hauteur des neiges perpétuelles.

65. En s'élevant au-dessus des vapeurs diurnes et jusqu'au centre des neiges perpétuelles, on se place au delà de la cause journalière des perturbations atmosphériques; la variation horaire des plaines disparaît, pour être remplacée par celle qui dépend du courant tropical, § 212.

66. Vers le 45e degré, les vapeurs diurnes qui dépassent 3,000 mètres sont le plus souvent devenues vitrées par l'influence du courant tropical, les strates gris, qui sont le réceptacle de la tension résineuse, sont étendus au-dessous de cette élévation. Lorsque les vapeurs diurnes arrivent à cette hauteur et s'interposent entre les cimes et le courant tropical, la pression augmente et donne une courbe ascendante à la variation du baromètre, de 7 h. du matin à 9 h. du soir. Mais lorsqu'à la suite du refroidissement, cette couche vitrée s'abaisse, elle laisse aux vapeurs résineuses du courant reprendre leur prédominance: la pression diminue alors et continue de faiblir jusque vers 6 ou 7 h. du matin, dans les beaux jours d'été, où elle se relève comme le jour précédent par l'arrivée des premières vapeurs qui s'y élèvent et deviennent vitrées par la même influence supérieure, §§ 212-218.

67. Cette marche dans la pression, quoique très-différente de celle des plaines, est cependant dépendante de l'atmosphère au-dessus de ces dernières. Si le temps est beau et la température élevée, une portion des vapeurs de la journée dépasse cette hauteur et en modifie la pression, §§ 213-216.

68. Si le ciel est brumeux et l'air froid au-dessus des plaines, aucune vapeur diurne n'atteint cette hauteur, et la pression ne présente plus qu'incomplétement le *maximum* de 9 h. du soir et le *minimum* de 6 h. du matin: les oscillations du baromètre sont vagues et inconstantes

comme l'état électrique des vapeurs supérieures, que le courant amène et change continuellement, § 217.

69. Dans les hautes latitudes, on retrouve la courbe des grandes altitudes; une augmention de pression dans la journée et une diminution la nuit. Mais dans ces régions où se pressent les masses de vapeurs résineuses définies, limitées en nuages opaques, et où elles se résolvent au milieu des coups de vent et des tempêtes, la régularité du retour du *maximum* de la journée et du *minimum* de la nuit est très-difficile à retirer des grandes et nombreuses perturbations qu'occasionnent l'arrivée soudaine de ces nuages et leur prompte résolution, §§ 220-223.

De la mesure des altitudes.

70. Enfin, suivant l'état vitré ou résineux des vapeurs inférieures, les observations simultanées faites dans les plaines et sur les crêtes élevées donnent des altitudes trop grandes ou trop petites. Il faut corriger ces différences en faisant entrer l'élément électrique dans le coefficient de la formule barométrique, pour une valeur qui varie comme la puissance de la tension des couches superposées, §§ 224-230.

NOTES ADDITIONNELLES.

Note pour le § 19. — Le premier tableau indique pour quelle quantité l'air sec concourt à la pression totale pour chaque mois; le second, pour quelle quantité la vapeur concourt à cette même pression mensuelle. La difficulté de séparer rigoureusement ces deux valeurs, n'a permis de reproduire par leur addition qu'une moyenne totale approchée, moins exacte que celle donnée par l'observation directe.

Nous ajouterons que le marquis de Polemi a constaté que sur 1175 chutes de pluie, le baromètre n'avait baissé que 758 fois. (*Journ. Silliman*, t. XXV, p. 129.)

Note pour le § 98. — Pour rendre l'expérience plus concluante, nous l'avons modifiée de la manière suivante. Les plateaux de la balance, formés de petits disques, sont placés au-dessus du fléau et le dominent de 3 à 4 centimètres, afin de n'agir que sur un espace bien circonscrit. A un filet de gomme laque, scellé à l'un des plateaux et contourné en support, sont collés plusieurs fils de cocon, portant de petites balles de sureau ou de petits disques de clinquant. Un contre-poids dans l'autre plateau établit l'équilibre. Lorsque ces disques sont électrisés, ils se repoussent proportionnellement à la quantité d'électricité qu'ils ont coercée. On charge ensuite la balance, ou le plateau seul, s'il est isolé, soit de la même électricité, soit d'une électricité contraire. Dans le premier cas, le groupe est repoussé en masse, et les disques se repoussent davantage entre eux; le volume en devient plus considérable et conséquemment plus léger, si l'on n'en prend que le volume primitif. Dans le second cas, si les électricités sont contraires, l'électricité du groupe étant neutralisée par l'influence du plateau, les disques se rapprochent et forment un moindre volume. Pendant cette double expérience, et l'influence différente qui en résulte, la balance reste immobile tant que le groupe lui est solidaire; mais aussitôt que l'on a retiré la solidarité des deux corps, quoique le jeu des disques soit reproduit comme avant cette séparation, le fléau de la balance est repoussé dans le premier cas et attiré dans le second. Dans cette nouvelle expérience nous n'avons pu agir que par l'in-

fluence électrique, et non par les volumes du groupe ; si nous avions pu agir par le volume seul du groupe, nous aurions eu, à volume égal, plus de légèreté dans le premier cas et plus de pesanteur dans le second.

Note pour le § 156. — Les cumuli supérieurs étant condensés et placés dans une région froide, sont pour la plupart à l'état de neige fine et globulaire : tandis que les nuages gris plus dilatés résistent plus longtemps à cette basse température. Nous avons été témoins un grand nombre de fois de cette différence, pendant les journées tempêtueuses que nous avons essuyées sur le Faulhorn. Les nuages blancs qui nous enveloppaient nous couvraient toujours d'une neige fine et abondante, tandis que les nuées grises qui leur succédaient passaient sans résolution ou ne laissaient qu'une faible humidité. Mais lorsque ces nues étaient assez près pour échanger leurs électricités, les bourrasques naissaient aussitôt et le grésil tombait abondamment du nuage gris.

LISTE

DES AUTEURS CITÉS DANS CE MÉMOIRE.

(Les chiffres indiquent les paragraphes. La lettre *n* signifie *note*).

ERRATA.

Page 14 (colonne des observations, paragraphe Arago), 9,S, lisez : 9,5. *et soir, hygr.* 99, lisez : *et le soir hygr.* 99°.
— 18, ligne 1re, *Bade,* lisez : *Bude.*
— 20, — 33, *Bert,* lisez : *Birt.*
— 27, avant-dernière ligne, *Calebrooke,* lisez : *Colebrooke.*
— 54, à la fin du § 61, lisez : *voyez figure* 16.
— 112 (col. des observ., ligne 10), *température voilée,* lisez : *temps voilé.*
— *id.* (col. des tensions électriques, au 20e nombre) + 2150, lisez : — 2150.

EXPLICATION DES FIGURES.

Figure 1re. De l'action des influences électriques sur de petits corps isolés (voyez § 89).
— 2. De la distribution de l'électricité entre deux corps chargés semblablement (§ 103).
— 3. Autre expérience sur le même sujet (§ 103).
— 4 et 5. Action du rayonnement des corps électriques terminés par des aspérités, sur les vapeurs électrisées (§ 116).
— 6 et 7. Action statique des corps unis sur les vapeurs électrisées (§ 116 n).
— 8. Action statique de l'électricité sur une colonne d'eau (§ 116 n).
— 9. Action des vapeurs les unes sur les autres, lorsqu'elles sont chargées d'électricités contraires (§ 116).
— 10. Distribution des vapeurs dans l'atmosphère et leur groupement en nuages suivant leur tension électrique (§ 145).
— 11, 12 et 13. Influence des corps électrisés les uns sur les autres à travers des écrans neutres ou électrisés (§ 145 n).
— 14. Courbe de l'amplitude moyenne de l'oscillation horaire suivant la latitude (§§ 29, 39).
— 15. Courbe de la pression moyenne horaire au-dessus du Faulhorn, en prenant principalement les observations de MM. Kæmtz et Forbes, faites dans un jour exempt de perturbation accidentelle (§§ 51, 52, 53).
— 16. Courbe de la pression moyenne horaire à Brientz, d'après le peu d'observations faites dans cette localité (§ 61).
— 17. Courbe horaire moyenne à Port-Bowen, tirée des mois d'hiver, observations du capit. Parry (§ 221).

TABLE DES CHAPITRES.

FIN.

Fig. 6.

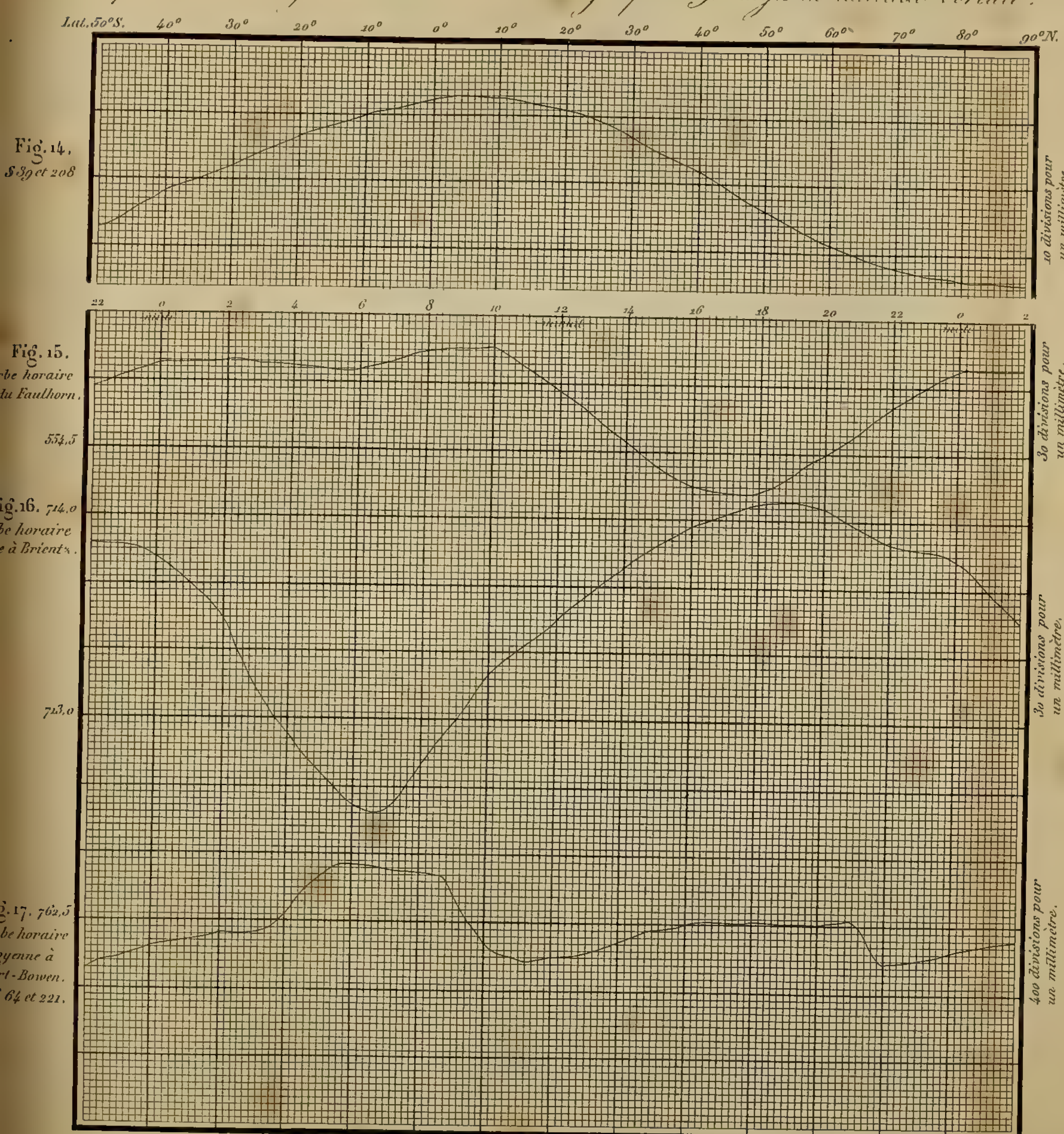
Fig. 8.



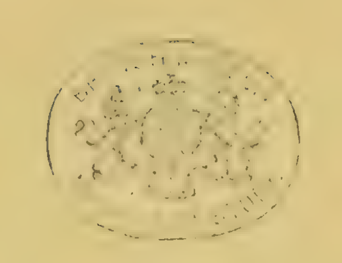




Amplitudes des oscillations moyennes de la courbe horaire, depuis le 50me degré de latitude australe jusqu'au 90me degré de latitude boréale.



Ve P. Degobert, lith. de l'acad.



MÉMOIRE

SUR

LES TREMBLEMENTS DE TERRE

RESSENTIS

EN FRANCE, EN BELGIQUE ET EN HOLLANDE,

[illegible]

LE QUATRIÈME SIÈCLE DE L'ÈRE CHRÉTIENNE JUSQU'A NOS JOURS (1843 INCLUSIV.);

PAR

ALEXIS PERREY,

PROFESS. SUPPL. A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE DIJON.

(Lu à la séance du [illegible] novembre 18[illegible].)

MÉMOIRE

SUR

LES TREMBLEMENTS DE TERRE

RESSENTIS

EN FRANCE, EN BELGIQUE ET EN HOLLANDE,

DEPUIS LE

QUATRIÈME SIÈCLE DE L'ÈRE CHRÉTIENNE JUSQU'A NOS JOURS (1843 INCLUS.)

INTRODUCTION.

Non mare metuit qui non navigat.....
Non terræ motum Gallus, non fulmen Æthiops
(PLUTARCH., *de Superstit.*)

Comme toutes les sciences d'observation, la physique du globe ne peut baser ses théories que sur des faits nombreux, bien décrits et bien étudiés. Pour être généraux, ses principes doivent, pour ainsi dire, s'appuyer sur l'histoire même de la terre.

En effet, les phénomènes météorologiques les plus simples en apparence, varient presque tous avec les lieux, quelques-uns même avec

les temps. Aussi les lois admises comme régissant la météorologie souffrent de nombreuses exceptions.

Le soleil, sans doute, est sur notre globe la cause principale de la chaleur; toutefois son action est modifiée par tant de circonstances diverses, que la température de chaque lieu varie non-seulement avec les positions annuelle et diurne de cet astre, mais encore sous de nombreuses influences irrégulières, passagères ou permanentes. Quiconque jettera seulement les yeux sur les cartes où se trouvent tracées les lignes isothermes les mieux connues, ne pourra s'empêcher de reconnaître que cet admirable système d'exposition fait apparaître de bien grandes anomalies dans les principes qui résument les lois de la distribution de la chaleur à la surface de notre globe, et montre de bien grandes lacunes dans la science du calorique terrestre.

La théorie des vents ne laisse-t-elle pas plus encore à désirer?

L'hygrométrie, malgré les immenses travaux du génie qui la créa, malgré les nombreuses observations et les savants mémoires de ses successeurs, n'est-elle pas forcée de modifier ses principes suivant les pays ou les régions? Les nombreux phénomènes qui en dépendent ne varient-ils pas autant que les lieux où on les observe?

Toujours changeante et pourtant toujours la même, l'atmosphère ne présente-t-elle pas dans les pressions qu'elle exerce, des contrastes frappants et, si je puis me servir d'une expression qui rend bien mon idée, des contrastes marqués d'un *cachet local?*

Et cependant tous ces phénomènes se renouvellent sans cesse sous nos yeux; des milliers d'observateurs attentifs et instruits, munis des appareils les plus parfaits de la science, renouvellent et multiplient sans cesse leurs observations intéressantes, les comparent à celles de leurs devanciers, les groupent et les combinent de mille manières différentes, pour tirer des résultats moyens, des lois générales, des lois exemptes des influences fortuites et passagères. L'académie de Bruxelles et son illustre secrétaire perpétuel, M. Quetelet, ont montré quel intérêt on devait attacher à ce genre de recherches et de travaux, en établissant et en publiant un vaste ensemble d'observations simultanées.

Malgré les nombreuses observations de température souterraine que possède la science, malgré les immenses calculs de Fourier et de Poisson, personne n'oserait admettre encore sans restriction comme principe universel et incontesté les théories de ces deux savants. Tout en reconnaissant l'exactitude des lois de la distribution de la chaleur dans l'épaisseur de la croûte terrestre jusqu'aux profondeurs où l'homme a pu atteindre, on n'ose guère les étendre au delà ; on hésite, on s'arrête, quand il s'agit d'opter entre les deux théories rivales, et malgré les beaux travaux des géomètres sur la nature de l'intérieur de notre globe, nous sommes encore forcés de nous en tenir à de simples hypothèses sur ce point important de la physique terrestre.

Aussi sans avoir encore, il est vrai, assez mûrement réfléchi sur le phénomène des tremblements de terre, j'ai néanmoins été tellement frappé des circonstances diverses qui l'accompagnent, des apparences variées qui se manifestent dans toutes ses phases, que je suis resté convaincu *qu'il nous est impossible de saisir encore sur ce point la véritable interprétation de la nature ou du moins de la démontrer.*

J'ai dressé d'assez vastes catalogues des tremblements de terre ressentis dans les diverses parties du monde. Déjà j'ai eu l'honneur de présenter à l'Institut de France deux volumineux mémoires sur les commotions souterraines qui ont ébranlé notre Europe ainsi que les parties adjacentes de l'Afrique et de l'Asie, depuis le commencement du quatrième siècle de l'ère chrétienne jusqu'à nos jours. Le caractère le plus remarquable résultant des tableaux qui résument ces mémoires, *c'est le plus grand degré de fréquence du phénomène, durant l'hiver et l'automne.* (COMPTES-RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS, séance du 25 septembre 1843.)

Mais aussi j'ai reconnu que ce caractère, quelque tranché, quelque saillant qu'il paraisse, pourrait n'être pas général. Ainsi, pour l'archipel des Antilles, j'ai dressé le tableau suivant :

Tremblements de terre ressentis aux Antilles.

SIÈCLES.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Octob.	Nov.	Déc.	Sans date mensuelle	TOTAL.
XVI	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	1
XVII . . .	»	1	1	1	1	1	1	»	»	»	»	»	8	14
XVIII . . .	6	4	1	3	1	3	5	5	8	11	3	3	6	59
XIX	9	6	11	9	9	8	7	13	12	10	13	9	5	121
	15	11	13	13	11	12	13	18	21	21	16	12	19	195
	Hiver 39			Printemps . . 36			Été 52			Automne . . 49			»	

Ce tableau est celui qui se trouve inséré aux *Comptes-rendus de l'académie des sciences*, tom. XVI, pag. 1298, mais augmenté d'un septième à peu près, par de nouvelles recherches. Quoiqu'il soit incomplet, quoique je n'y aie pas fait figurer des tremblements de terre que les secousses longtemps prolongées excluaient d'un résumé mensuel, les deux mois de septembre et d'octobre (ou au moins l'époque de l'équinoxe d'automne) me paraissent jouir d'une prépondérance marquée, d'une prépondérance déjà signalée dans les *Comptes-rendus*.

Il était donc intéressant, je dirai plus, il est donc nécessaire d'étudier le phénomène dans des régions particulières du globe, si l'on veut mettre en évidence les causes locales qui peuvent varier d'une contrée à une autre. La plus grande fréquence du phénomène se montre dans certains pays d'une manière qui ne laisse aucun doute sur l'existence d'une influence purement locale.

J'ai dressé de nombreux tableaux pour les diverses régions du globe, et je crois déjà pouvoir affirmer que *le phénomène varie avec les lieux aussi bien qu'avec les temps.*

Ainsi je citerai, pour la Péninsule Italique, le tableau suivant, où ne figurent pas, ainsi que dans le précédent, les secousses qui se sont répétées pendant plus d'un mois dans la même localité.

Tremblements de terre ressentis en Italie et en Savoie.

SIÈCLES.	AVEC DATES DE JOURS OU DE MOIS.												AVEC DATES DE SAISONS.		AVEC DATES ANNUELLES seulement.	TOTAL.
	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Hiver et automn.	Print. et été.		
Du IVe au XVIe.	8	3	6	5	6	6	1	2	7	4	9	18	6	1	70	152
XVII	8	8	14	12	6	11	6	5	10	3	7	3	2	1	15	111
XVIII.	43	35	33	28	30	48	21	30	20	45	28	28	5	2	10	406
XIX	44	58	47	37	40	30	39	40	25	45	21	37	»	1	1	465
	103	104	100	82	82	95	67	77	62	97	65	86	13	5	96	1134
	Hiver . . 307			Printemps. 259			Été . . . 206			Automne . 248						

Ici, l'hiver a une prépondérance marquée, mais l'automne se trouve seulement au même rang que le printemps.

Voyons ce que donneront la France et la Belgique, c'est-à-dire cette région de l'Europe, limitée au sud par la Méditerranée et l'Espagne; à l'ouest et au nord par l'Océan atlantique jusqu'au Zuyderzée; à l'est par le Rhin et les Alpes. J'ai compris dans ce catalogue, suivant l'avis de M. Quetelet : 1° Genève, dans le bassin du Rhône; 2° dans le bassin du Rhin, Bâle, Manheim, Francfort-sur-le-Mein, et quelques autres villes très-rapprochées de la rive droite du fleuve. Il serait en effet assez difficile de dresser un catalogue comme celui-ci en ne suivant que des divisions purement politiques. Toutefois, je n'ai pas cru devoir remonter les deux fleuves jusqu'à leur source, ni m'étendre à droite sur les affluents du Rhin; je me serais trop écarté du plan que je m'étais d'abord tracé.

Maintenant quelques mots sur le mode suivi dans la rédaction. J'ai

cité, souvent textuellement, les ouvrages auxquels j'ai emprunté les faits. L'académie jugera ce travail, il était bon de la mettre à même d'effectuer sans peine les vérifications qu'elle croira nécessaires. Il est convenable de faire observer que quand un fait ne se trouve cité que dans une chronique locale, pour les premiers siècles auxquels s'étendent ces recherches, je l'ai regardé comme ayant eu lieu dans le pays où écrivait l'auteur, bien que quelquefois la circonstance du lieu ne fût pas mentionnée textuellement. Enfin la correction relative au calendrier n'a point été faite, elle se trouve seulement indiquée pour quelques citations empruntées aux *Transactions philosophiques* de Londres; j'ai dû en agir ainsi pour ne pas m'écarter de la règle que je me suis faite, dans tout le cours de mes recherches, de citer textuellement : cette correction n'aurait d'ailleurs qu'une influence insensible sur les tableaux numériques qui résument ce mémoire.

Enfin je rapporte quelques faits qu'on pourrait peut-être ne pas regarder comme des tremblements de terre, quelques-uns même sont évidemment étrangers aux commotions souterraines; mais je ne les ai pas compris dans les tableaux du résumé. Comme mes devanciers dans cette matière, j'ai le plus souvent cité les dates sans entrer dans aucune discussion critique qui aurait allongé mon travail sans le rendre plus intéressant [1].

Pour abréger les citations des sources où j'ai puisé, je donne ici

[1] Pour n'en citer qu'un exemple, on trouve : 462, vers Pâques. *Vienniae mœnia frequentibus terrae motibus conquassata.* (Sigonius, *de Occid. imper.*, t. I, lib. XIV, p. 527.) On retrouve le même fait avec l'institution des Rogations dans les *Gesta Francorum*, par Roriconem : mémoire *de Gestis Francor.; chron. de saint Denis; chron. Sigeb. Gemblac.* Dom Bouquet, t. III, p. 13, 44, 176 et 335. C'est vers 468 qu'il faut placer le fait d'après le *Chron. Sigeberti*, fol. 73 verso, *Rerum germanic.* S. Schard. Réginon, dans le même recueil, fol. 17 verso, place l'institution des Rogations avant 450. Grégoire de Tours, lib. II, cap. XXXIV, p. 90, de l'éd. du P. Ruinart, parle aussi des mêmes faits sous la date de 491; puis le *Chron. S. Medardi Suessionensis* (*d'Acheri Spicilegium,* t. II, p. 781), sous la date de 497. Enfin, les *Gesta rerum Francorum* (Dom Bouquet, t. II, p. 553) les placent de 500 à 507, et Lycosthènes à 471. L'éditeur Dom Bouquet paraît préférer la date de Sigebert, c'est-à-dire celle de 468. C'est celle que donne Von Hoff, et que je citerai dans le texte, en lui empruntant la date mensuelle du 27 mars. Pour moi, le phénomène me paraît s'être prolongé assez longtemps.

la liste des principaux ouvrages que j'ai consultés, avec les signes conventionnels par lesquels je les désigne. Pour les ouvrages volumineux, les collections, j'indique les tomes et les pages. Pour les feuilles périodiques, je cite la date et le mois du journal, en supprimant l'année lorsqu'elle est la même que celle du phénomène. Enfin, pour les auteurs de catalogues, par ordre chronologique, comme Gueneau de Montbeillard, Huot et Garnier, je ne cite jamais la page.

Quant à la chronique de Von Hoff, n'ayant pu me la procurer qu'après une première rédaction du mémoire, j'ai cru pouvoir me dispenser de la citer lorsque je n'y trouvais pas des faits nouveaux ou au moins des détails que je n'avais pas rencontrés ailleurs. J'ai souvent cité Cotte, qui a publié un catalogue comme celui-ci dans le t. LXV du *Journal de physique*, mais je dois avouer que c'est seulement d'après Von Hoff; le *Journal de physique* manque en grande partie à la bibliothèque publique de la ville de Dijon. Je n'ai point cité l'ouvrage de M. Mérian, que je n'ai pas pu non plus me procurer, même en écrivant à Bâle :

1. La grande Collection des historiens des Gaules, commencée par Dom Bouquet, continuée par Brial, Daunou et M. Naudet . . . . D. B.
2. Celle de Martène et Durand, et leur *Novus Thesaurus Anecdotorum* (ce dernier ouvrage *Nov. Thes. Anecd.*) . . . . M. D.
3. Collection de Duchêne. D.
4. Le *Spicilegium* de d'Acheri . . . . A. S.
5. Baronius, *Annales Ecclesiasticae* . . . . B. A.
6. *Rerum Germanicarum quatuor celebriores vetustioresque Chronographi*, 1 vol. in-fol. *Lutetiae,* 1566. Cet ouvrage, sans nom d'auteur, est de Simon Schard . . . . S. S.
7. *Historicum opus*, *Rerum Germanicarum*..... 4 tomes en 3 vol. Bâle, sans date d'année, par Simon Schard . . . . S. S.
8. Lycosthènes, *Prodigiorum ac ostentorum Chronicon* . . . . L.
9. Fritschius, *Catalogus prodig. ac ostent* . . . . F.
10. *Joannis Trithemii Chronicon hirsaugiense* . . . . C. H.
11. *Centuriae Magdeburgenses*. . . . . C. M.
12. *Flores historiarum per* Mathaeum Westmonasteriensem *collecti*, *praecipuè*

de rebus Britannicis, 1 vol. in-fol. Londini, 1579 . . . . . . M. W.
13. Mathieu Paris, *Hist. d'Angleterre*, 2 vol. in-fol . . . . M. P.
14. Bertrand, *Mémoire sur les tremblements de terre* . . . . B.
15. *Collection Académique*, tome VI de la partie française, *Catalogue* de Gueneau de Montbeillard . . . . C. A.
16. *Transactions philosophiques de la société royale de Londres* . . . . . P. T.
17. *Académie des sciences de Paris* . . . . A. P.
18. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Acad. des sciences de Paris* C. R.
19. *Annales de chimie et de physique*, par MM. Gay Lussac et Arago. . . . C. P.
20. Huot, *Cours de géologie* . . . . H.
21. Garnier, *Traité élémentaire de météorologie* . . . . G.
22. *Journal historique* . . . . J. H.
23. *Journal encyclopédique* . . . . J. E.
24. *Journal des débats* et *Journal de l'Empire* . . . . J. D.
25. *Le Moniteur universel* et *Gazette nationale* . . . . M. U.
26. *Gazette de France* . . . . G. F.
27. *Mercure de France*. M. F.
28. *Quotidienne* . . . . Q.
29. *Phalange* et *démocratie pacifique* . . . . Ph.
30. *Chronik der Erdbeben* Von K. E. A. Von Hoff . . . . V. H.

Les autres ouvrages où j'ai puisé sont cités dans le texte. Je dois remarquer que les collections de journaux que j'ai pu consulter sont toutes incomplètes, à l'exception du *Moniteur* et du *Journal des débats*.

CATALOGUE

DES TREMBLEMENTS DE TERRE RESSENTIS EN FRANCE, EN BELGIQUE ET EN HOLLANDE.

217. — Flamma in Frisia ad montem Rubriclivium ingens per dies undecim erupit, quae tandem, aqua marina adspersa, deleta est. (*Von Hoff*, p. 178.)

416. — In Gallicana regione et in civitate Biterris (*Béziers*) multa signa terrifica, Paulini epistola ejusdem civitatis episcopi enarrat ubique diruta. (*Idatii Chron. — Von Hoff's Chronik.*)

468. — 27 mars. Tremblement de terre à Vienne en Dauphiné.

468. — Medio Tolosae civitatis hisdem diebus e terra sanguinem erupisse toto que die fluxisse curriculo. (*Ibidem.*)

Vers 480 ou 481. — En novembre. Eo anno, mense nono, terra tremuit. (*Gregor. Turon.*, lib. II, cap. XIX, col. 71.) Et dans le chapitre suivant : « Fuit etiam et tunc terrae motus magnus. » On retrouve encore, dans le même volume, édit. P. Ruinart : « Ipso anno, terrae motus fuit. » (*Epit. per Fredegar.*, cap. XIII, col. 555.)

Vers 549. — Tremblement de terre en Auvergne. (Greg. Turon., *Vita S. Galli*, D. B., t. III, p. 410.)

562. — In Gallia, supra Rhodanum fluvium, mons multis diebus dans mugitum tandem ab alio monte sibi vicino discussus, cum ecclesiis, domibus, hominibus et bestiis in flumen est praecipitatus. (M. W., lib. I, p. 195, *Gregor. Turon*, lib. VI, cap. XXXI, col. 171 et 172.)

Frytschius, dans son catalogue, donne la date de 561 ; Bertrand, 2e *Mém. sur les tremblements de terre*, p. 27, et la *Chronique de Rheims*, Labbe, t. I, p. 358, donnent celle de 563.

Il paraît suivant Von Hoff, *Chronik*, p. 193, que ce fait indiquerait la chute de la *Dent du midi*, en Valais. Suivant d'autres la montagne de *Tauretunum* entre Meillerie et St-Gingolph, vis-à-vis Lausanne.

577. — 17 avril, pendant la messe du jour de Pâques, à Chinon. Ecclesia contremuit populusque conterritus a pavore unam vocem dedit, dicens quod ecclesia caderet. (D. B., t. II, p. 242.)

579 ou 580. — A Bordeaux et dans les Pyrénées. Graviter urbs Burdegalensis a terrae motu concussa est, mœniaque civitatis in discrimine eversionis extiterunt..... Tamen de Pyrenaeis montibus immensi lapides sunt commoti. (D. B., t. II, p. 252 et 409; t. III, p. 83 et 227.)

582. — A Soissons et à Angers, commotions souterraines. (D. B., t. II, p. 277; t. III, p. 88 et 234.)

584. — Décembre? A Angers. In Andegav. terra tremuit et multa alia signa apparuerunt. (D. B., t. II, p. 297; t. III, p. 243.)

590.—14 juin, au point de jour. Terrae motus magnus factus est. (D. B. t. II, p. 379.) Ce phénomène, rapporté sans indication de lieu par la Chronique de Tours, est-il relatif à la France?

801. — 25 ou 30 avril, 2e heure de la nuit. Fameux tremblement de terre en Italie; il se sentit aussi sur le Rhin, en Gaule et en Germanie. (D. B., t. V, p. 250 et 332.)

Quelques auteurs ont regardé les secousses ressenties dans notre pays comme indépendantes de celles qui ébranlèrent l'Italie, et disent seulement :

« *La même année* 801, la terre trembla sur le Rhin, en Gaule et en Germanie. » (D. B., t. V, p. 350; D., t. II, p. 60, et S. S., fol. 32.)

Von Hoff, dans sa *Chronik der Erdbeben,* cite même la date du 31 mars.

802. — 15 avril. Dans *toute* la Suisse, violent tremblement de terre suivi de maladies très-meurtrières. (B., p. 29; t. II, p. 198; *Diarium Histor.*, p. 129; *Mémorial de Chronol.*, t. II, p. 910.)

Le *Chron. Turon.* (M. D., t. V, p. 959) dit seulement qu'il y en eut un second cette année : Lycosthènes en cite deux, mais aux dates de 800 et 802, Mézerai enfin ne parle que du premier, qu'il fait suivre de maladies, t. III, p. 211, édit. in-12.

803. — En hiver. En cel yver fu croules et mouvement de terre en tout le païs d'Es-la-Chapèle. (D.B., t. V, p. 54, 251 et 321; D., t. II, p. 42; S. S., fol. 32; *Just. Reuber,* p. 53.)

815. — Septembre. Tremblements de terre à Saintes. (*Aimoini chron.*, p. 240, et D., t. II, p. 260.)

823. — Vers la fin de l'année. (L'empereur venait de congédier les légats du pape; calend. de nov.) A Aix-la-Chapelle. Li palais d'Ais la Chapèle croula par mouvement de terre et granz sons et granz temoutes furent oï par nuit........... Et fulgura sereno atque interdiù de coelo cadentia.............. (D. B., t. VI, p. 106,

147, 184 et 225; L., p. 345; S. S., t. II, p. 1868. *Chron. Alberti Stad.*, fol. 88; F.)

829. — Vers Pâques, la nuit; *hieme transacta.* — A Aix-la-Chapelle.

Et quant avint vers la fin du quaresme, que la solennité de Pasques approchait (fu) si granz croules et si granz movemenz de terre que apar poï que li palais et les tors ne chairent.

Ecclesiae Dei Genetricis terrae motu et vento discooperta est tota......... quatuor diebus ante Pascha. (D. B., t. V, p. 110, 151, 189, 209, 221, 226 et 255; D., t. II, p. 272 et 306; B. A., t. IX, p. 489; L. et F., *Catal.; Chron. Alberti Stad.*, fol. 89.)

838. — 18 février, le soir. Terrae motus apud S. Nazarium (*Lauresheim*, territoire de Mayence), in Wormanse, in Spirense et Lobadunense. (D. B., t. VI, p. 210.)

840. — Septembre. A Saintes. In Gallia civitas Sanctoras tremuit. (C. M., t. II, page 348.)

842. — 24 octobre, première heure de la nuit. Presque dans tout le nord de la Gaule. Terrae motus validus exstitit et perseveravit hujus sonus per septem dies. Dabat autem mugitum aut hora diei prima, aut nona, aut noctis media, aut initio aurorae. Secuta est tussis validissima de qua multi mortui sunt. (D. B., t. VII, p. 32 et 41.)

843. — 6 septembre. Iterùm terrae motus magnus, aurora surgente et media nocte similiter.

— 7 septembre. Hora diei prima similiter; ipso die, hora secunda, similiter. (D. B., t. VII, p. 41.)

Ces secousses ont dû ébranler le département de la Seine inférieure, pays où se trouvait le monastère de Waudrille (*monasterium Fontanellense*), dans les environs de Rouen, à la chronique duquel j'emprunte les citations précédentes.

849. — 17 février, 10e heure de la nuit. Apud Galliam, clericis preces nocturnas solventibus Domino, terrae motus validè, sed nulla quorumlibet aedificiorum ruina factus est.......... Terrae motus Augiae factus......... quasi decima noctis hora. (D. B., t. VII, p. 65, 207, 255, 272.) *Augia* est Richenaw, près de Constance, en Suisse.

855. — 1er janvier. Apud Moguntiam terra viciès tremuisse fertur. Insoliti aeris turbines et grandines, fulgura et tonitrua facta sunt. Ecclesia S. Kiliani fulmine cremata nonis Junii, posteà muri turbine diruti sunt. (D. B., t. VII, p. 217, 233; D., t. II, p. 555; F. et C. M.) On le ressentit à Worms. (V. H.)

856. — 13 décembre (fête de sainte Luce). A Bâle. Montes et rupes multas aperturas et scissuras passae sunt. (M. D., t. V, p. 271.)

858. — 1er janvier. Terrae motus magnus factus est per civitates regiones di-

versas, maximè tamen apud Moguntiacum, ubi maceriae antiquae scissae sunt et ecclesia S. Albani martyris ità concussa est, ut murus de fastigio cadens, oratorium S. Michaelis ad occidentem basilicae bicameratum cum tecto et laquearibus ruina sua confringens terrae coaequaret. (D. B., t. VII, p. 166; D., t. II, p. 554.)

Corruit tunc ecclesia S. Albani, mense februario. (*Joan. Naucleri Chron.*, t. II, p. 65.) Le tremblement est d'ailleurs rapporté au mois de janvier.

Crebri terrae motus Moguntiam concutiunt, ibique Probus presbyter obiit VII calend. julii........... L'année suivante, hiver terrible. (D. B., t. VII, p. 234.)

Le *Chron. Hermanni*, auquel j'emprunte cette dernière citation, donne la date de 859. Je ne saurais voir un fait nouveau dans son récit, bien que l'auteur semble dire que le prêtre Probus en fut victime au mois de juin.

858. — 25 décembre. Noctu et interdiù Moguntiae validus et creberrimus terrae motus efficitur. (D. B., t. VII, p. 73.)

860. — Plusieurs tremblements de terre désastreux furent ressentis en Perse, en Syrie et dans plusieurs contrées de l'Europe. Un bouleversement de terre considérable eut lieu en Hollande; l'une des bouches du Rhin fut fermée près de Catt. (C. A.)

867. — 9 octobre. Terrae motus per plurima loca factus est. (D. B., t. VII, p. 175, 208, 255 et 275.) Des secousses furent ressenties en Suisse. (B., p. 50.)

Rien n'indique que ces commotions doivent figurer dans ce Mémoire; je ne les cite qu'à titre de renseignements. Cependant n'auraient-elles pas été ressenties sur le territoire de Mayence, où se trouvait l'abbaye de Fulde dont je cite les Annales?

870. — 5 décembre, 1[re] heure. Ipsa quoque civitas Moguntiaca terrae motu concussa est. (D. B., t. VII., p. 175 et 235.)

872. — 5 décembre, 1[re] heure. Terra contremuit, Moguncíacum eversum est. (D. B., t. VII, p. 176 et 236.)

Cette coïncidence du 5 décembre 870 et 872 me paraît devoir inspirer de la défiance sur la réalité d'un double phénomène, dont la date ne se trouve pas, pour chaque fait, dans la Chronique d'Hermann et les Annales de Fulde, auxquelles j'emprunte les deux citations. Cependant il est à remarquer que les auteurs de ces deux ouvrages écrivaient, pour ainsi dire, sur les lieux. D'ailleurs, on retrouve la même chose dans les *Centuriae Magdeburg*: et dans Lycosthènes, qui seulement cite les années 868 et 870.

880. — 1[er] janvier. A Mayence. — Il y eut éclipse de soleil. (V. H., d'après Beuther).

881. — 30 décembre, ante galli cantum. Moguntiae terrae motus factus est magnus, ita ut aedificiis conquassatis, vasa fictilia, sicut compositores luti fatebantur, invicem se conlidentia frangerentur. (D. B., t. VIII, p. 41, et 246; C. A.; C. M.)

882. — 29 décembre, ante gallicinium. Moguntiae terrae motus magnus. (D. B., t. VIII, p. 98.) Y a-t-il là encore deux phénomènes distincts? C'est peu probable. Aucun des auteurs cités n'en mentionne deux.

883. — Templum Albani terrae motu Moguntii interiit. (*Müntzenus in chronographia;* C. M.) Ce fait est-il différent de celui de 858?

895. — Per idem tempus (pendant le concile de Tibur ou Tuver, près de Mayence, lequel commença le 22 août au plus tard, d'après l'*Art de vérifier les dates*), magni terrae motus in plurimis locis occidentalium Francorum visi sunt. (D. B., t. VIII, p. 56.)

898. — 9 janvier. A Sens? Terrae motus factus est circà coenobium S. Columbae Virginis. (D. B., t. VIII, p. 322, et t. IX, p. 16.)

922. — Dans le Cambrésis. Terrae motus in pago Cameracensi factus, ex quo domus inibi multae subversae sunt. (D. B., t. VIII, p. 179; D., t. II, p. 592.)

935. — Janvier. Au monastère de S[te]-Colombe. A Sens? (C. M.)

944. — 16 avril, circa pullorum cantum. Terrae motus factus est...... aestas omnis versa est in pluviam. (D. B., t. VIII, p. 92; L.; C. M.)

Il fut ressenti en Suisse; le fut-il dans le bassin du Rhin?

950 ou mieux 951. — Per multa Germaniae et Galliae loca, magni et frequentes terrae motus facti sunt; et complura aedificia subverterunt innumerasque arbores radicitùs dejecerunt. (C. H.)

L'édition en un volume, *Monasterii Hirsaug. Chronica*, p. 38, donne la date de 952. C'est celle que préfère Dom Bouquet, qui, du reste, dans les extraits de différentes chroniques, t. VIII, p. 102, 272 et 314, conserve les dates de 950, 952 et 954. Von Hoff préfère celle de 956, d'après Æneas Sylvius.

La fin de ce siècle fut aussi marquée par des tremblement de terre qui ébranlèrent toute l'Europe, *per totam Europam*, *per totum orbem*. Toutes les chroniques rapportent la fameuse secousse du 29 mars de l'an 1000: mais aucune ne cite les Gaules en particulier. Cependant l'Allemagne en ressentit en 968, l'Angleterre en 974, la Carniole en 985 et Magdebourg enfin en 997.

Dans l'année 1001, tremblement qui renversa plusieurs maisons en Suisse; il fut accompagné de météores ignés. (B. et C. A.) On ne dit pas s'il s'étendit en France.

1013. — 18 septembre, vers midi. A Liége? Terrae motus factus est. (*Chron. Leodiensense*, Labbe, t. I, p. 337.)

J'en retrouve encore un autre à la date du 18 novembre, même année, dans le *Chron. Leod.* et *Lobiense* (D. B., t. X, p. 218 et 321). Comme celui-ci est encore rapporté dans d'autres auteurs, tels que Sigebert de Gembloux, Chris. Mathias et les Centuries de Magdebourg, je suis porté à en admettre deux.

1021. — 12 mai. A Bâle, des édifices furent renverés, des fontaines furent troublées dans toute la Suisse: on remarqua des météores ignés. (B. et C. A.)

Ce tremblement s'étendit dans une grande partie de l'Allemagne, et surtout en Bavière.

1048. — 13, 15 et 16 octobre. A Constance et sur le lac, fortes secousses. (L.; C. M. et D. B., t. XI, p. 20.)

1062. — 8 février. Terrae motus, fulgura et tonitrua.... circa Constantiam. (B.; C. M.; L.; *Diarium hist.*, et D. B., t. XI, p. 22.) Von Hoff dit que les secousses s'étendirent jusqu'à Bâle, ce qu'il ne dit pas de celles de 1048, lesquelles par conséquent ne peuvent figurer dans les tableaux du résumé.

1070. — 11 mai. A Cologne et dans les contrées voisines (V. H.).

1079. — 16 ou 17 juillet, le matin. A Sens? Summo mane fuit terrae motus magnus sine vento et pluvia et tonitruo. (*Chron. S. Petri vivi Senon.* D. B., t. XII, p. 279.)

1080. — 1er décembre. Moguntia magnum terrae motum persentit. (S. S., fol. 128 verso.)

1081. — 27 mars, 1re heure de la nuit. Factus est terrae motus magnus, cum gravi terrae mugitu in tota Anglia. (M. P.; M. W.; M. D., t. V, p. 7, et *Nov. Thesaurus anecd.*, t. III, p. 1419; D. B., t. XI, p. 291; t. XIII, p. 581 et 600; S. S.; C. A.; L.; *Polyd. Virgil. hist. Ang.*, p. 209.)

Aucune des sources nombreuses que je viens de signaler ne parle du continent. Mais Von Hoff fait étendre les secousses jusqu'en Allemagne, et principalement à Mayence.

1083. — 21 mars. Terrae motus auditus est Andegavis, die ad occasum vergente. (D. B., t. XII, p. 479.)

La seconde chronique de St-Albin d'Angers donne la date du 21 mars 1082. (D. B., t. XI, p. 485.)

— 18 octobre, jour de Saint-Luc. Dans le Poitou et le Limousin? Terrae motus factus est. Pars civitatis Pictavis cum ecclesia S. Radegundis combusta est. (*Chron. S. Maxentii,* D. B., t. XII, p. 402.)

Cette chronique, connue aussi sous le nom de Chronique de Maillézais ou Mallezais, étant la seule où j'aie trouvé le fait consigné, je le regarde comme ayant eu lieu dans la France centrale. Il en sera de même pour les années 1097 et 1098.

1085. — Magnus terrae motus et in occidentali parte Lotharingiae pestilentia magna.... (*Chron. Turon.*, D. B., t. XII, p. 465.)

Le tremblement de terre a-t-il eu lieu en Lorraine? Doit-il même figurer dans ce Catalogue? Cependant comme d'après Lycosthènes, cette année fut signalée en Angleterre par des secousses violentes et un froid excessif; comme d'après la Chronique

d'Hirsauge, il y eut de grands tremblements de terre dans diverses régions de l'Europe, j'ai cru devoir citer ici le fait de la chronique de Tours, tout en faisant remarquer néanmoins que Mathieu Paris ne parle pas de commotions souterraines dans l'année 1085, mais qu'il rapporte seulement des inondations tout à fait désastreuses à l'année suivante.

1087. — 14 juillet, à Soissons. Terrae motus cum aeris concussione. (B. A., t. XI, p. 587.)

1091. — 2 novembre, à Angers. Terrae motus factus est et fulgura exstiterunt nimia ita ut gallum deauratum qui major ecclesiae turri eminebat, minutatìm conscinderent.... de arcubus verò fenestrarum turris majoris lapides magni vi tempestatis eruti super aulam (Consul.) corruerunt, visa inaestimabili coruscatione et inopabili simul audito tonitruo, stuporem attulerunt. (D. B., t. XII, p. 557; t. XIV, p. 79, et Christ. Mathias, *Theat. hist.*, p. 582.)

1095. — 10 septembre, la nuit. Cum valido ventorum turbine etiam terrae motus factus est media nocte.... Terrae motus crebri fuerunt.... Magni erant per loca. (S. S.; C. H.; C. M. et D. B., t. XIII, p. 714.) Ces secousses, signalées seulement par des chroniques allemandes, se sont-elles étendues chez nous?

1097. — 13 octobre. France centrale? Terrae motus factus est. (*Chron. S. Maxentii;* D. B., t. XII, p. 403; *Labbe*, t. I, p. 214.)

1098. — 26 septembre. France centrale? Cœlum apparuit rubicundum et terrae motus.

— 5 octobre. Terrae motus; puis le 6 encore, première veille de la nuit. (D. B., t. XII, p. 403 et 484; *Labbe*, t. I, p. 215 et 281.)

Les deux chroniques de St-Albin d'Angers décrivent assez longuement une aurore boréale du 27 septembre, mais ne citent le tremblement de terre que comme ayant eu lieu 9 jours après, c'est-à-dire les 5 et 6 octobre. La chronique de Maillézais seule parle de commotions souterraines sous la date du 26 septembre.

1098. — A Bâle, tremblement ajouté par l'éditeur Berghaus à la Chronique de Von Hoff.

1103. — 13 avril. France centrale? Tremblement donné sans indication de lieu par la Chronique de Maillézais. (D. B., t. XII, p. 404.) On avait eu, en février, une gelée désastreuse; en juin on éprouva des pluies suivies d'inondations désastreuses.

1106. — 4 mai, le matin, à Angers? Terrae motus. (D. B., t. XII, p. 486.)

1112. — 3 janvier. Rothemburgium civitas juxtà Neccarum terrae motu concidit. (L.; C. A.; C. M.; *J. Naucleri Chron.*, t. II, p. 187.)

Le même jour, secousse à Liége. (V. H.)

Le lendemain, 4 janvier. Terrae motus horribilis in partibus Britanniae. (D. B., t. XII, p. 557.)

1117. — 3 janvier. Tremblement considérable en Italie, en Allemagne, en Suisse. On ressentit des secousses à Liége, suivant Von Hoff. Toutes les chroniques parlent de secousses en décembre et en janvier 1116, 1117 ou 1118, lesquelles durèrent 40 jours. Ces hivers furent aussi marqués par des vents impétueux, des orages et des ouragans. Voici un extrait de la Chronique de Sigebert, sous la date de 1118:

— « Mense Januario, III nonas, in aliquibus locis, sed non usquequoque terrae » motus accidit, aliàs clementior, alias validior adeò ut quarumdam urbium partes cum ecclesiis subruisse dicantur.

» Mosa etiam fluvius, juxtà abbatiam quae dicitur *Fustula*, quasi pendens in » aere fundum suum visus est deseruisse. » Et plus bas:

— 3 mai, à Liége : « Dum in majori ecclessia vesperas celebrant, subito tonitru » cum terrae motu omnes ad terram stravit et fulmen ad læva templi ingressum non » modicas crustas de muro hàc illàc dejecit, deindè turrim ingrediens, multas tra- » bium partes diffidit. Subsecutus foetor intolerabilis, adeò ut multo aromatum » odore vix potuerit expelli. »

Puis suit la description d'orages épouvantables en juin, juillet et août: l'un d'eux paraît avoir été une trombe; et enfin en décembre « ventus vehementissimus. » (S. S., fol. 134 et 135; C. M.; *Diarium hist.*, p. 134; A. S., t. XI, p. 408.)

D'après la Chronique de Tours (D. B., t. XII, p. 469), ce *ventus vehementissimus* eut lieu le 24 décembre, et le 9 janvier on ressentit un *terrae motus*.

1122. — 10 décembre, à 3 heures. Terrae motus in secunda hebdomada adventus domini sabbato hora tertia, aliàs clementior, aliàs inclementior accidit. (S. S., fol. 135; D. B., t. XII, p. 782; M. D., *Thes. Anecd.*, t. III, p. 1458; C. M.)

Ce tremblement, mentionné dans la Chronique de Mortemer (Mortui maris) et dans celle de Sigebert, a-t-il été ressenti en France ou en Belgique?

1134. — 1er octobre. Intempestae noctis silentio motus magnus factus est in mari, ita ut littora sua praeteriret et tamen in se iterum residiret. Sequenti vero nocte, primo crepusculo, tres cometatus Waluras, Wales et Brabant penitùs exterminavit. (Anselmi Gemblac., *Appendix ad Sigebertum;* D. B., t. XIII, p. 270.)

S'agit-il d'une marée très-forte ou du phénomène que les Italiens désignent sous le nom de *terremoto di mare?*

1142. — A Rouen. Terrae motus circà Rotomagum. (*Breve chron. Uticensis coenobii;* D. B., t. XII, p. 774.)

La Chronique de Rouen n'en parle pas; elle ne contient rien pour cette année.

1146. — Magnus terrae motus factus est 15 vicibus, in die et nocte. — Il fut

général en Europe et plus ou moins fort suivant les lieux. On le ressentit à Mayence. (C. H.; B.; C. M.; C. A.)

1154. — 15 février. Terrae motus maximè in Burgundia, adeò ut ter in nocte festivitatis S. Priscae virginis sentiretur apud Cluniacum, et quoddam castellum quod erat desertum, haud procul a Cluniaco situm, absorptum iret in abyssum et spatium in quo castellum fuerat repleretur aqua inaestimabilis profunditatis. (Ex Roberti de Monte, *Append. ad Sigeb.;* D. B., t. XIII, p. 297.)

Sigebert de Gembloux place celui-ci à l'an 1156. Ce sont identiquement les mêmes expressions, ainsi que pour les deux autres citations de Robert de Monte, placées à l'année 1156 par Sigebert, *Rerum Germanic.* S. Schard, fol. 145, recto. Je les place à l'an 1155. Les auteurs des Centuries de Magdebourg rapportent aussi celui-ci à l'an 1156, et le font durer tout le carême.

1155. — 18 janvier, en Bourgogne encore. Ter in una nocte fuit terrae motus quo etiam diversa adificia dicuntur esse subversa. (Ex alterius Roberti, *Append. ad Sigeb.; Chron. Turon.; Chron. Cluniacense;* D. B., t. XII, pag. 315 et 475; t. XIII, p. 333.; *Chron. Guill. de Nangis;* A. S., XI, p. 498; C. M.; L.)

— En caresme : frequenter per totam quadragesimam terrae motus accidit in Burgundia.

— 14 avril, au Mont-Saint-Michel. Etiam apud montem S. Michaelis, terrae motum sensimus ante solis ortum. (Ex Roberti de Monte, *Append. ad Sigeb.;* D. B., XIII, p. 298.)

Il est à remarquer que c'est le même Robert qui rapporte déjà celui de 1154. Nous devons donc en compter au moins deux en Bourgogne. Passons au troisième.

1157. — Terrae motus magnus in Burgundia, sed Domino miserente, rarissimis in locis periculum indè provenit. (*Chron. Willelmi Godelli Lemovic.;* D. B., t. XIII, p. 676.)

Ce dernier phénomène doit-il être confondu avec les précédents? Pourtant je lis encore à cette date de 1157, dans les Centuries de Magdebourg : « Crebriores terrae » motus quibus non tantum urbes et castella, verum etiam nationes quassatae, con- » cussae et omnino eversae sunt. »

Mais il est vrai que les secousses de 1154 sont ici rapportées à 1156.

1161. — 1er janvier, 1re heure, à Coutances, territoire de Saint-Lo. Terrae motus accidit in pago Constantino, castro S. Laudi, circa horam primam. (S. S., fol. 147; L.; C. M.)

Robert, abbé du Mont, dans son Appendice, donne la date du 1er janvier 1160. (D. B., t. XIII, p. 304.)

1163. — 2 août, veille de Saint-Étienne, premier martyr. Tremblement que je regarde comme ayant été ressenti en Anjou, parce que les seules Chroniques de

Saumur et d'Angers en font mention. (D. B., t. XII, p. 482; M. D., t. V, p. 1145; *Labbe*, t. I, p. 279.)

1165. — 20 juin, en Anjou encore. Terrae motus. (*Chron. S. Florentii Salmur.;* D. B., t. XII, p. 491; M. D., t. V. p. 1145.)

Je retrouve à la date du 20 juin 1166, ces deux mots: *terrae ventus*, dans le *Chron. S. Albini Andegav.* (*Labbe*, t. I, p. 279, et D. B., t. XII, p. 485.) Y a-t-il ici erreur de copiste et nouveau tremblement de terre? Le continuateur de Dom Bouquet, que je continue à citer comme premier auteur de la collection, dit en note que deux chroniques donnent un *terrae motus* à cette date du 20 juin 1166. Je ne les ai pas trouvées. Certainement les tremblements de terre ne sont pas très-rares en Anjou (voir la Notice que j'ai publiée dans le *Bulletin de la société Industrielle d'Angers et du Département de Maine et Loire*, n°s 4 et 5, 15e année); mais deux tremblements de terre le même jour, dans deux années consécutives, c'est peu probable. D'ailleurs, chacun des auteurs angevins ne signale qu'un seul fait.

1175. — 20 juin, en Anjou? Terrae motus factus est. (*Breve Chron. Andegav.*; M. D.; *Novus Thes. Anecdot.*, t. III, p. 1381.)

Faudrait-il encore ici admettre une erreur de date?

1170. — 29 juin. Affreux tremblement de terre en Syrie; il dura 15 jours et s'étendit très-loin. Il fit périr beaucoup de monde en Sicile. Plusieurs villes d'Allemagne furent fort ébranlées. Il causa quelques dommages en Suisse et sur les côtes d'Afrique.

La Frise fut inondée par les eaux de la mer; il y eut de grands vents.

Ce phénomène, mentionné par un grand nombre de chroniques et cité par tous les auteurs de catalogues, a-t-il bien eu lieu en 1170? car il est dit: *Ipso die circa horam tertiam sol obscuratus est*, et 1170 est une des années assez rares où il n'y a eu ni éclipse de soleil, ni éclipse de lune (on n'en compte que 16 pour les 20 premiers siècles de l'ère chrétienne), ou bien l'obscurcissement n'aurait-il été dû qu'à la poussière soulevée par les secousses, s'élevant des ruines et des décombres?

1179. — 1er août. Terrae motus. (*Chron. Saxonicum;* D. B., t. XIII, p. 723.)

1180. — 1er août. Terrae motus. (*Chron. Lamberti Parvi;* M. D., t. V, p. 12.)

— Cal. augusti, terrae motus factus est magnus, in quarta noctis vigilia (communication de M. Quetelet). Y a-t-il là plus d'un fait? Et d'ailleurs où le phénomène a-t-il eu lieu?

1186. — mars. En cel an maismes avint croules de terre en une contrée qui

est apelée [1].... Et au mois d'avril qui après vint, éclipse de lune particulière. (*Chron. de St-Denis;* D. B., t. XVIII, p. 362.)

On lit en effet dans les Centuries de Magdebourg: *In civitate quae Ucceticum dicitur*, et dans Lycosthènes : *in Gothis;* enfin dans Guillaume de Nangis (A. S., t. XI, p. 453):

Media Quadragesima factus est terrae motus in Graecia. Eodem sequenti mense aprilis, nonis ejusdem mensis, fuit eclipsis lunae particularis in vigilia Dominicae Passionis.

Ces trois derniers auteurs donnent la date de 1185, et c'est celle du phénomène, car l'éclipse de lune a eu lieu le 16 avril de cette année.

1186. — Au commencement de l'automne (après le couronnement de Sybille et de Guy de Lusignan, à la mi-septembre). Terrae motus generalis per totum orbem; in Anglia aedificia corruere.

Il fut très-fort en Calabre et en Sicile. La France, la Belgique et la Hollande en furent-elles exemptes? (M. W.; M. P.; C. M.; C. A.)

1207. — 26 février, au milieu de la nuit, en Anjou? tremblement de terre accompagné de grands coups de tonnerre. (*Addenda Chron. Andegav. S. Albini;* D. B., t. XVIII, p. 327.)

1208. — 13 juin. En Aquitaine, tremblement de terre pendant la campagne du roi Philippe. (D. B., t. XVIII, p. 273.)

1214. — 20 décembre, en Normandie? trois secousses en une seule nuit. (*Chron. Mortui-Maris.; Chron. Rotomag.;* D. B., t. XVIII, p. 356 et 361.)

1215. — 3 mars, en Bourgogne ou en Limousin? tremblement de terre à peu près au milieu de la nuit. (*Chron. Cluniac. coenobii;* D. B., t. XVIII, p. 743.)

1216. — 3e nuit de mars. Tremblement de terre tel que les moines s'enfuirent du chœur, les laïcs de leurs lits. On fit une procession le lendemain à l'église de Ste-Marie des Sables de Limoges. (*Chron. Bernardi Iterii, mon. S. Abbatialis Lemovic.;* D. B., t. XVIII, p. 234.)

Ce tremblement doit être le même que le précédent et le même encore que le suivant. A la page 799, *ibidem,* on lit dans une note:

« Un an et trois mois après l'élection de Laguisca, il y eut un grand tremblement de terre. » (Fragment écrit de la main de Bernard, en tête du no 5064 de la Bibliothèque Royale.)

Ce Laguisca fut élu abbé, le 14 novembre 1214.

1222. — 11 janvier, à Cologne. In Colonia Agrippina et circa regionem magnus terrae motus fuit, qui domos et turres plurimas evertit..... (C. H.)

[1] Il y a dans le texte latin *Uccricum in Gothis;* serait-ce Uzez? (Note de l'éditeur Brial, continuateur de Dom Bouquet.

Beaucoup d'auteurs citent ce tremblement de terre, mais ils insistent principalement sur les secousses ressenties en Italie, à peu près à la même époque. Je trouve la date du 11 janvier dans la chronique d'Hirsange, édition en un volume.

1233. — Tremuit in Burgundia. (F.)

D'autres placent la chute d'une montagne en Franche Comté aux années 1218 (Naucler), d'autres en 1240 (Alstédius), d'autres en 1251, 1281 et même 1312. Jacques Gaultier, dans sa *Table chronographique*, donne la date de 1241, et les Centuries de Magdebourg, celle de 1249.

1278. — Tremblement en France et en Angleterre. (V. H.)

1282. — A Gap, affreux tremblement. (De Zach, *Corresp. Astron.*, t. VI, p. 32.)

1286. — En Bretagne, surtout à Vannes, tremblement de terre pendant 40 jours: on y éprouva des secousses pendant un an, mais non d'une manière continue. (Morice, *Histoire de Bretagne*, t. I, col. 31.)

Le fait a eu lieu avant la mort de Jean III, dit le Roux, arrivée le 8 octobre.

1289. — Tremblement de terre en France. (*Mémorial de chronolog.*, t. II, p. 912.) Ce fait est-il le même que le suivant?

1289. — 15 juillet. In die dispersionis apostolorum terrae motus factus est per universum orbem terrarum. (C. M.)

1290. — Tremblements à peu près universels; la Suisse n'en fut pas exempte: on les éprouva en Islande et surtout à Lisbonne. (B.; C. A.; V. H.; Gaimard, *Voyage en Islande*, partie géol., p. 313.)

La France, la Belgique et la Hollande ressentirent-elles des secousses?

1295. — 4 septembre, vers midi, à Tours. In octava S. Augustini (dont la fête tombe le 28 août), circa meridiem, terrae motus ingens factus est, qui in Turonensi episcopatu turres et castella evertit. (*Epitome mundi;* C. M.)

On retrouve encore à cette date du 4 septembre, un tremblement de terre dans les Alpes Rhétiques.

1298. — 30 novembre, jour de St-André, selon d'autres en 1300, tremblement à Rems (Rheims?). Les secousses durèrent plusieurs jours. (V. H.)

Von Hoff n'aurait-il pas fait confusion? Ce fait n'est-il pas le tremblement de terre ressenti le jour de la fête de St-André, à Reati, dans les états de l'église, et que mentionnent beaucoup d'auteurs?

1316. — Septembre. A St-Denis. Die Veneris post nativitatem B. Virginis factus est terrae motus apud Pontisanam et villam S. Dionysii, in Francia, quamvis rarus in iis terrae partibus evenire insolitus et aliàs inauditus. (A. S., t. XI, p. 667.)

1318. — Septembre. A Cologne, tremblement qui dura longtemps. (*Acta Trevir. archiepisc.;* M. D., t. V, p. 407.)

1322. — Sur la fin de novembre, Genève essuya un tremblement. (B. et C. A.)

1342. — Vers la fin de l'année, tremblement de terre dans la province d'Utrecht. (Guill. Heda, *Hist. Ultrajectina*, p. 242.)

1346. — 24-25 novembre. Tremblement considérable en Suisse, particulièrement à Bâle, où plusieurs bâtiments, et entre autres le palais épiscopal, furent détruits. (B. et C. A.)

1348. — 25 janvier (in festo conversionis Pauli). En Carinthie, tremblement de terre qui dura 24 ou même 40 jours (L.). Les secousses furent violentes, causèrent de grands dégâts et s'étendirent en Bavière, en Hongrie, en Italie et jusqu'à Rome.

Basilaea et octoginta vicina castella, teste Petrarcha, gravissimo terrae motu sunt concussa et pars chori cathedralis ecclesiae collapsus est [*sic*]. (M. D., t. V, p. 254; B. A., t. XIV, p. 1048; *Conrad de Lichtenau;* B.; C. A.; L.; F.; C. H.; G. F.; 14 avril 1786.)

— 6 février. Tremblement à Francfort-sur-Mein. (V. H.)

1356. 18 octobre (fête de St-Luc). Mane post nonam horam, subito Basilaee et in Germania terrae motus. Die prima deciès fuit terra mota et deinceps per totum annum saepiùs ut nulla fuerit securitas.

Souvent on entendait du murmure ou de l'éclat, tantôt sous terre, quelquefois dans l'air. Bertrand dit qu'il commença à 10 heures du soir à Bâle, et que bientôt après les secousses, le feu prit à plusieurs endroits de la ville. (C. H.; B.; C. A.; L.; F.; *Dubravius.*)

Guillaume de Nangis (A. S., t. XI, p. 819), qui donne la date de 1354, dit que les secousses s'étendirent au loin et mentionne Rheims et Paris comme les ayant ressenties.

Suivant Von Hoff, on les ressentit aussi à Strasbourg et dans le Haut-Rhin.

L'abbé Trithème, dans l'édition en un volume de la chronique d'Hirsauge, donne la date de septembre 1355.

Enfin, je lis encore dans la chronique de Zantfliet (M. D., t. V, p. 271) qu'il y eut un tremblement de terre à Bâle, le jour de Ste-Lucie, c'est-à-dire, le 13 décembre. Il y a évidemment erreur de copiste.

Je passe sous silence le tremblement qui, suivant l'auteur du *Mémorial de Chronologie*, t. II, p. 912, détruisit de nouveau la cathédrale de Bâle et renversa plusieurs maisons dans la ville et dans les environs, le 8 octobre 1356. Il faut évidemment lire le 18 octobre 1356.

1357. — 14 mai, vers 7 ou 8 heures du matin. Iterùm terrae motus magnus et horribilis in Europa, in Germania, Hispania, Sybilae et Cordubae in Suevia. — On le ressentit à Bâle, à Strasbourg et en plusieurs autres lieux de l'Alsace. (C. H; B.; C. A.; L.; F.; M. D., t. V, p. 273. Philippi Bergomat., *Suppl. Chron.*, fol. 326.)

1368. — Dans la semaine de la Pentecôte, tremblement à Mulhausen, Eisenach et dans d'autres lieux; en Thuringe. (V. H.). S'étendit-il en France?

1372. — 1er juin. Tremblement peu considérable à Bâle et aux environs.

1373. — 1er juillet. Tremblement à Bâle; il renversa la statue de saint Georges dans la cathédrale. (C. A. et L.)

Bertrand, auquel j'emprunte cette double citation, doute de l'existence du second fait.

1374. — A Montpellier, quatre tremblements de terre dans l'année. (*Petit Thalamus de Montpellier*. Mss. Communication de M. de Christol.)

1382. — 20 avril. Secousses en France et en Suisse. (V. H.)

21 et 24 mai. Terrae motus in Brabantia, Flandria, Francia, locisque vicinis... in Anglia. (M. D., t. V, p. 321; B. A., t. XV, p. 88; C. A., et L.)

1394. — 22 mars. Tremblement de terre horrible en Allemagne, en France et en Suisse; il fut suivi de chaleurs excessives et de récoltes abondantes. (B.)

1395. — Tremblement de terre si violent qu'à Anvers les plats ne pouvaient se fixer sur la table. (Communication de M. Quetelet.)

1397. — Tremblement de terre et épidémie à Montpellier. (*Petit Thalamus de Montpellier*, Mss. Communication de M. de Christol.)

1415. — 21 juin. Tremblement violent à Bâle; les habitants prirent la fuite. (B et C. A.)

1416. — 22 juillet, à Bâle, nouveau tremblement que Lycosthènes signale comme très-violent et Von Hoff comme léger. (B., et C. A.)

1426. — 29 septembre. On commença entre 1 et 2 heures du matin à sentir un tremblement de terre par toute la Grande-Bretagne : il dura deux heures, et les secousses furent presque universelles par toute la terre.

Il avait été précédé par un orage terrible. (C. A et *Mémorial de Chronol.*, t II, p. 913.)

1427. — En Espagne, 20 villes furent endommagées; les secousses se firent sentir à Montpellier. (Huot, *Cours de géol.*, t. I, p. 109.)

1428. — 13 décembre. Basilaea Raurocorum terrae motu iterùm adeò fuit concussa ut non tantum domorum tegulas de tectis, sed magnam etiam caminorum partem in terram dejecerit, aliquotque aedificia in urbe laceraverit. (L.; B.; C. A.)

1431. — 24 avril, à 2 heures après midi, à Ciudad-Réal (Espagne), furieux tremblement de terre ressenti plus fortement encore dans l'Aragon, la Catalogne et le Roussillon. Edifices renversés.

Quelque temps après, nouveau tremblement à Grenade. (Charenton, *Hist. d'Espagne*, t. IV, p. 263.)

1444. — 30 novembre, avant le lever du soleil, léger tremblement à Bâle et aux environs. (B. et C. A.)

1449. — 23 avril. Tremblement en Flandre et dans quelques autres localités. (V. H.)

1456. — 26 août, à 2 heures du matin, tremblement à Liége. (M. D., t. V, p. 491.)

1466. — En été. Le Soissonnais fut au même temps (de la peste) affligé de si grands tremblements de terre et de si horribles tempêtes, qui naissaient de ces tremblements, que grandes quantités de bâtiments, spécialement ceux de Soissons, même les églises, furent renversés par terre. Ce qui fut cause qu'on apporta les corps des saints martyrs Crespin et Crespinian à N.-D. de Paris. (*Mézerai*, t. II, p. 126, édit. en 3 vol.)

1470. — 6 février, à 5 heures du soir, à Bâle, une secousse. (B. et C. A.)

1475. — 24 août, nuit de St-Bartholomée, tremblement à Francfort-sur-Mein. (V. H.)

1492. — 7 novembre, à Bâle, tremblement très-violent. (B. et C. A.)

1498. — 10 novembre, à Bâle, tremblement ajouté à la chronique de Von Hoff, par Berghaus, p. 4 de la préface.

1504. — 27 mai, à Genève, tremblement de terre violent. (B. et C. A.)

— 10 juin, nouvelles secousses violentes à Genève. (B. et C. A.)

— 25 août, vers la 11e heure de la nuit, en Belgique. In profesto apostoli Bartholomaei, de nocte circiter horam undecimam, terrae motus factus est spatio satis brevi. (*Johannis de Los Chron.*, p. 119; *Bulletin de l'acad. de Bruxelles*, t. IX, 1re part., p. 559.)

1505. — 30 juin, à 4 heures du matin, en Belgique encore. Notandum quod ultima junii, hora quarta de mane, brevissimus factus est denuo terrae motus, unius momenti videlicet. (*Johannis de Los Chron.*, p. 120. Communication de M. Quetelet.)

1509. — 13 décembre, à Manosque (Basses-Alpes), tremblement de terre. (*Statistique des Bouches du Rhône*. Communic. de M. Aug. Bravais.)

1510. — En hiver, pendant de violents tremblements de terre en Italie, à Ravenne, Florence, Venise, etc., on ressentit des secousses à Forum Julium (Fréjus ou Imola)? (L.).

1514. — 20 janvier, à Bâle, tremblement de terre. (*Berghaus*, préf. de Von Hoff.)

1522. — A Bâle encore, tremblement ajouté par Berghaus à la chronique de Von Hoff.

— A Angers. Terrae motus apud Andegavos et luna dum soli opponitur visa est albo, nigro ac fulvo etiam rubro coloribus tincta. (Philippi Bergomat., *Supplem. chron.*, fol. 437.)

Deux éclipses de lune ont eu lieu cette année, le 12 mars et le 5 septembre.

1523. — 27 décembre, à Bâle, trois secousses. (B. et C. A.)

Le 22, nouvelles secousses, d'après Berghaus. (Préface de Von Hoff.)

1524. — 22 avril, à Bâle encore. (Ibidem.)

1524. — En septembre. Avant le départ de François Ier pour l'Italie, un tremblement de terre *avait pensé* renverser la ville d'Angers, ce qui est très-rare dans ces quartiers-là. (*Mézerai*, t. II, p. 442; Philippi Bergomat., *Suppl. chron.*, fol. 438.)

La date mensuelle, qui ne se trouve pas dans les historiens cités, est empruntée à la chronique de Von Hoff.

1528. — A Mayence, plusieurs secousses. (V. H.)

1529. — 11 septembre, à Bâle, tremblement ajouté par Berghaus. (Préface de Von Hoff.)

1530. — Dans le temps de la mort de Zwingle, arrivée le 10 octobre, à la suite de grandes pluies, de tonnerre, d'éclairs et de *tremblements de terre*, la Flandre, la Hollande et la Zélande furent inondées. (G. Tarcagnota, *Hist. del mondo*, t. V, fol. 69.)

1531. — 26 janvier, tremblement épouvantable en Portugal, où les secousses se répétèrent 7 ou 8 fois par jour pendant une semaine. Turquet (*Hist. d'Espagne*, p. 1482) dit qu'il s'étendit jusqu'en Flandre. Suivant Von Hoff, les secousses y auraient même été nombreuses et violentes. Elles furent presque générales à cette époque.

— Au commencement de l'année, à Bâle, tremblement par lequel quelques maisons furent renversées. (B. et C. A.)

1533. — 7 mars, à Bâle, tremblement très-violent, mais sans dommages. (B. et C. A.)

— 9 novembre. Toute la Suisse fut en alarme pour un tremblement qui y causa cependant peu de mal. Des rivières furent détournées de leurs cours. (B. et C. A.)

Von Hoff, qui cite Neufchâtel, mais non Bâle ni Genève, donne la date du 25 ou 26.

— Décembre. Basilaea tribus terrae motibus concussa est. (L.)

Berghaus, dans la préface de la chronique de Von Hoff, donne la date du 27.

1534. — Nuit du 22 octobre, à Zurich et aux environs (B.)

Von Hoff, qui donne la date du 11 au 12 octobre (v. s.?), le fait s'étendre dans duché de Bade.

1537. — Tremblement à Bâle. (C. A. et *Berghaus*, préf. de V. H.)

1538. — 20 ou 28 janvier. A Bâle et dans le canton, on aperçut des météores ignés après les secousses. (B.; C. A.; *Berghaus*.)

1540. — 18 juillet, à Bâle, tremblement ajouté par Berghaus à la chronique de Von Hoff.

1545. — 6 septembre, tremblement de terre général en Europe. (*Mémorial de Chronologie.*, t. II, p. 915.)

Ce phénomène, dont je ne trouve d'ailleurs aucune trace dans d'autres auteurs, doit-il figurer dans ce catalogue?

1548. — 9 février. Basilaea Raurocorum mane post quartam levi terrae motu contremuit, quo tamen è somno excitatus, in lecto me ferri aut ab alio cum stramine in altum aliqua ratione me moveri putabam. Terrae motu hoc fieri ignorassem, nisi idem aliis contigisse eodem temporis momento intellexissem. (L.; B., et C. A.)

1549. — 12 mars, à Bruxelles, deux secousses. (Communication de M. Quetelet.)

1552. — 16 septembre, à 6 heures après midi. Basilaea Raurocorum circa horam sextam pomeridianam concussa est terrae motu haud tamen magno. (L.; B.; C. A.)

1554. — 21, 22 mars et 30 avril. En Belgique. Rarum est imprimis in regionibus nostris (in Belgio) terrae motum persentire, neque ab annis pluribus quicquàm de his majorum industria designavit. Vehemens tamen concussio fuit primum 21 martii, hora XII noctis et multis locis vasa in sublimi constituta deciderint. Erat, ut rectè memini, cum tremore mugitus ingens, ac velut ahaeneus clangor multorum curruum qui concitato agmine praeterirent. Alter successit 22 martii, hora quarta post meridiem, bis validè subsiliente solo.......

Quanquàm fortiùs iterùm aprilis 30, hora quinta P. M. usque ad tres vices continuas. (Corn. Gemma, *De nat. div. caract.*, lib. II, p. 25.)

1556. — 15 janvier, tremblement de terrre à Strasbourg. (V. H.)

1563. — 17 janvier, en Belgique........ secutus est, uti praesagieram terrae motus cum fulminibus quae post ventos atrocissimos, tandem in maximas ac diuturnas plavias eruperunt. (Corn. Gemma, *De nat. div. caract.*, lib. II, p. 41.)

1564. — Juillet, à Nice et en Provence, tremblement de terre accompagné de grands coups de tonnerre; sept villages furent détruits. (G. F., 24 janvier 1772; *Mémorial de Chronol.*, t. II, p. 915.)

1565. — Nuit du 7 au 8 février, tremblement sur la Moselle et sur le Rhin (V. H.)

A Bâle, violentes secousses. (V. H.)

1569. — 14 mai, à Louvain. Secutus est è vestigio, circà XII, noctis, cum rauco murmure. Ferebant tùm temporis et spectra rursùs in aere pervagata. Equidem hora II, m. 40, transactis concussionem quoque alteram sensi, bis continuè, quarum ultima ad spatium 3 aut 4 minutorum circiter perdurabat : colores tum in aere vidi varios, inusta specie, validè terribiles.

Hos terrae motus exciperunt (13 juillet) maximae tempestates. (Corn. Gemma, *De nat. div. caract.*, lib. II, p. 64; C. A.)

Von Hoff cite aussi la date du 12 mars, mais je préfère celle de Corn. Gemma.

— 6 août, à Bâle, une légère secousse. (V. H.)

1570. — 6 décembre. Pendant que les tremblements de terre se succédaient en

Italie, on ressentit quelques secousses dans les Gaules, à Strasbourg, à Spire. Inondation du Rhône et du Rhin. (J. Aug. de Thou, *Hist.*, t. III, p. 36.)

1571. — 17 février, tremblement horrible en Angleterre. (Suivant V. Hoff, on le ressentit en Belgique.)

— 19 février, à Strasbourg, à Bâle et dans toute l'Alsace. (V. H.; B. et C. A.)

Les secousses furent violentes. L'année fut printanière, l'hiver froid et l'été chaud.

— 1er novembre. Inondation épouvantable sur les côtes de Hollande et tremblement de terre à Inspruck. (V. H.)

1574. — 3 mai, à Genève et aux environs; la porte de Cornevin fut renversée dans le fossé. (B.; C. A.; Spon, *Hist. de Genève*, t. I, p. 321.)

— 30 juillet, à Bâle, une secousse. (V. H.)

1575. — 24 avril. Genève fut de nouveau exposée au même effroi que l'année précédente. (B.; C. A.; Spon, *Hist. de Genève*, t. I, p. 321.)

1576. — Octobre, à Bâle, quelques secousses dans le courant de l'automne.

— 20, 21 et 22 novembre, nouvelles secousses.

— 20 et 21 décembre, quelques secousses encore : le froid était très-grand. (B.; C. A.; V. H.)

1577. — 27 février, à Bâle, forte secousse. On en ressentit à Genève et dans le pays de Vaud.

— 22 septembre, trois secousses à Bâle; la première entre 2 et 3 heures du matin; la deuxième, moins violente, à 5 heures du soir, et la troisième, la nuit, moins forte que la seconde.

— 5 et 18 octobre, à Bâle encore, nouvelles secousses. (B.; C. A.; V. H.)

1579. — 26 janvier, à Tours, Orléans, Chartres, tremblement de terre.

— 6 avril, dans les Pays-Bas, deux secousses légères : quelques églises et quelques clochers furent ébranlés. (*Mémorial de Chronol*, t. II, p. 915.)

1580. — 6 avril. Advint épouvantable tremblement de terre à Paris, Château-Thierry, Calais, Boulogne et plusieurs autres villes de France; mais petit à Paris au prix des autres villes.

On ressentit les secousses à Bruxelles, Malines, Cologne et en Hollande. (De l'Estoile, *Journal de Henri III*, t. I, p. 198, de la Coll. Petitot; J. Aug. de Thou, *Hist.*, t. III, p. 766, et V. H.)

Ce tremblement fut considérable en Angleterre. La mer fut violemment agitée, le ciel était serein et tranquille. Deux nouvelles secousses eurent lieu pendant la nuit. (Cambden, *Hist. d'Élisabeth*, p. 314.)

— 1er mai. Nouveau tremblement considérable dans le comté de Kent. Il fut ressenti dans les Pays-Bas, jusqu'à Cologne. (Cambden, *Hist. d'Élisabeth*, p. 314; J. Aug. de Thou, *Hist.*, t. III, p. 766 et 784; C. A.)

1580. — Tremblement de terre en Espagne; il s'étendit dans les Pyrénées jusqu'à Bordeaux. (*Mémorial de Chronol.*, t. II, p. 915.)

1583. — 5 mai. Par un orage mêlé de foudre et de tremblement de terre épouvantable, le comble de la grande église de Saint-Julien du Mans fut consommé d'une conflagration merveilleuse. (De l'Estoile, *Journal de Henri III*, t. I, p. 259, de la Collect. Petitot.)

1584. — 1er mars, à midi, en Piémont, en Suisse, en Dauphiné, en Bourgogne, tremblement considérable; le lac Léman s'élança à 20 pas sur ses bords. Les secousses durèrent plusieurs jours. Le 10, il y eut encore une forte secousse à Bâle. (Spon, *Hist. de Genève*, t. I, p. 325 et 326; B. et C. A.)

1588. — 25 mars, peu avant midi, il y eut un tremblement de terre depuis Nantes jusqu'à Saumur, qui fit branler les maisons et bouillir la rivière de Loire. Pareille chose arriva en quelques contrées de la Normandie avec moins de violence, mais aussi avec une certaine fumée, qui, une heure durant, teignit l'air de couleur jaunâtre. (Mézerai, *Hist. de France*, t. III, p. 478; de Larrey, *Hist. d'Angl.*, t. III, p. 529; J. Aug. de Thou, *Hist.*, t. IV, p. 558.)

— Secousses dans le midi de la France. (V. H.)

1591. — 3 septembre, tremblement à Bâle. (V. H.)

1592. — 11 février, à Francfort-sur-Mein, tempête violente, pendant laquelle on prétend qu'il y eut tremblement de terre. (V. H.)

1593. — 9 janvier, quelques secousses à Genève. (B. et C. A.)

1600. — 16 septembre, à Genève, le terrain sous le Rhône y causa, par son agitation, une espèce de flux et reflux. (Spon, *Hist. de Genève*, t. I, p. 417; B. et C. A.)

1601. — 8 février, à Francfort-sur-Mein, tremblement fort, mais sans dommages. (V. H.)

— Nuit du 7 au 8 septembre, entre 1 et 2 heures après minuit, fameux tremblement de terre dont l'Europe entière et l'Asie même éprouvèrent non moins de dommages que d'effroi. A Genève, le temps était calme et le lac en mouvement. On le ressentit à Strasbourg, Haguenau, Spire, Francfort-sur-Mein et jusqu'en Hollande. (Spon, *Hist. de Genève*, t. I, p. 417; B.; C. A.; H.; G., p. 88.)

1604. — 14 avril, entre 9 et 10 heures, tremblement à Bâle. (B. et C. A.)

1610. — 29 novembre, à Bâle, tremblement avec murmures souterrains. Les murs furent renversés en partie. (B. et C. A.)

1612. — 29 février, à Bâle, tremblement sans dommages. (B. et C. A.)

— Du 9 novembre au 7 décembre, secousses, presque chaque jour, sur les bords du Rhin, du côté de la Westphalie, surtout à Bielfeld et au château de Sparemberg, où il y eut des ruines notables. L'air étant calme, les arbres paraissaient

agités comme par un grand vent. (*Mercure français*, adj. à l'an 1612, p. 3; C. A. et V. H.)

1614. — 17 février, pendant la nuit, à Bâle, tremblement avec grand bruit. (B. et C. A.)

— 24 septembre, après minuit, à Bâle, nouveau tremblement encore accompagné d'un grand bruit. (B. et C. A.)

Dans le même temps, l'île de Tercère éprouva de grandes secousses.

1617. — A Aix en Provence, Gassendi éprouva un tremblement de terre. (B. et C. A.)

1618. — 3 juillet, entre 5 et 6 heures ou entre 6 et 7 heures du matin, dans le Béarn, au pied des Pyrénées, deux fortes secousses. (Palassou, *Mém. sur les Pyrénées*, p. 261.)

1619. — 19 janvier, de 6 à 7 heures du matin, tremblement à Francfort et sur le Rhin. (C. A. et V. H.)

1620. — janvier. Dans une bonne partie de la Suisse, tremblement ressenti à Genève. (B.; C. A. et V. H.)

— décembre, nouvelles secousses à Genève. (Ibidem.)

1621. — 20 mai, pendant le sermon du soir (jour de la Pentecôte), tremblement à Genève et à Bâle; cheminées renversées. (Spon, *Hist. de Genève*, t. I, p. 486; B. et C. A.)

1623. — Du 21 au 24 février, secousses en Suisse, dans le pays de Clèves et ailleurs. (B. et C. A.)

— 29 novembre, tremblement dans le Palatinat. (V. H.)

1624. — 29 novembre, tremblement dans le Palatinat. (V. H.) Ce fait diffère-t-il du précédent?

1626. — Janvier, tremblement à Worms. (V. H.)

— 22 février, à Elbermanstadt, dans le pays de Bamberg et dans le duché d'Oldenbourg. (H.)

1627. Saint-Sévérin est ruiné par un tremblement de terre. (Labbe, *Abrégé chronol.*, t. V, p. 852.) Il y a un Saint-Sévérin dans la Charente, un autre dans l'Isère et San-Severino en Italie. Ne s'agirait-il pas même ici de San-Severo (Italie), ruiné par un tremblement de terre, le 30 juillet de cette année?

1630. — 5 juillet, tremblement à Bâle, le temps était froid. (B. et C. A.)

— 25 décembre, à Bâle, tremblement de terre violent. (Ibidem.)

1636. — A Schélestadt et dans la Basse-Alsace, secousses violentes pendant huit jours. Elles avaient lieu à 7 heures du matin, midi, 7 heures du soir et minuit. (V. H.)

1640. — 4 avril, à 3 heures 15 minutes du matin (deux jours avant la pleine

lune), trois secousses considérables accompagnées d'un bruit pareil à celui d'une voiture très-chargée, à Malines, Bruxelles, Anvers, Mons, Namur, Cambrai, Metz, Francfort-sur-le-Mein...., en Hollande, en Zélande, en Westphalie..., en Lorraine, dans un espace de plus de 360 lieues, qui a été fortement ébranlé sur tous ses points. Les vaisseaux qui se trouvaient dans les ports de Hollande et de Zélande furent violemment agités, sans qu'il fît aucun vent. (C. A. et *Mémorial de Chronol.*, t. II, p. 919.)

1642. — La semaine avant Pâques, tremblement en Hollande. (V. H.) N'est-ce pas celui du 4 avril 1640?

— 18 novembre, secousses à Spire, Worms, Francfort et Cologne. (V. H.)

1644. — 16 février, tremblement à Genève et aux environs. (B. et C. A.)

— 21 avril, secousse à Bâle. (V. H.)

— 3 ou 13 juin, à Genève, nouvelles secousses. (B.; C. A. et V. H.)

— A Gap, en Dauphiné, affreux tremblement. (De Zach, *Corresp. Astron.*, t. VI, p. 46.)

— Secousses à Poitiers. (V. H.)

1647. — 4 mai, tremblement à Bâle. (V. H.)

1650. — 15 février, tremblement à Bâle.

— 15 mars, nouveau tremblement à Bâle.

— 2, 6, 7 et 16 mai, à Bâle encore.

— 11 juillet, à midi, et le 26, nouvelles secousses.

— 10, 11 et 16 septembre, à Bâle et à Lausanne.

— 9, 10, 13, 16, 18 et 20 octobre, nouvelles secousses.

— 6, 9, 10, 13, 16 et 20 novembre, légères secousses à différentes heures. Le tremblement le plus violent fut celui du 11 septembre, à 4 heures du matin.

Le canton de Zurich en éprouva 18; année pluvieuse. (B.; C. A.; V. H.)

1651. — 8 et 18 janvier, secousses à Bâle. (V. H.)

— 12 février, à Bâle encore, nouveau tremblement. (V. H.)

— 29 octobre, secousses à Genève. (V. H.)

— 7 décembre, entre 4 et 5 heures du soir, à Genève, nouvelles secousses. (B.; C. A. et V. H.; Spon, *Hist. de Genève*, t. I, p. 512.)

1652. — 4 février. A Bâle et dans les cantons voisins, violent tremblement qui se prolongea toute l'année dans le canton de Berne. (B. et C. A.)

— 1er août, secousse à Bâle. (V. H.)

1653. — 9 janvier, tremblement à Francfort-sur-Mein. (V. H.)

— 14 janvier, au milieu de la nuit, violente secousse à Bâle. (B.; C. A.; V. H.)

— 23 août, à Bâle, encore une secousse. (V. H.)

1655. — Vers la fin de mars, à Strasbourg et dans le Wurtemberg, une secousse. (V. H.)

— 5 juillet, tremblement à Francfort-sur-Mein. (V. H.)

1656. — Nuit du 25 février, trois secousses à Bâle et dans d'autres lieux de la Suisse. (V. H.; B. et C. A.)

— 16 mai, entre 3 et 4 heures du matin, à Bâle, une nouvelle secousse. (V. H.; B. et C. A.)

— En août le phénomène se renouvela par un temps pluvieux et froid, qui devint chaud bientôt après, suivant Buxtorf. (*Ibidem.*)

1657. — 15 février, à 3 heures du soir, à Ste-Maure, non loin de Tours (Indre et Loire) et à 6 milles aux environs, tremblement qui ébranla les édifices; bruit souterrain semblable au tonnerre. (V. H.)

1660. — 9 juin, tremblement en Espagne et sur les côtes atlantiques de France. (v. H.)

Ce phénomène est sans doute le même que le suivant, dont Von Hoff ne parle pas.

— 21 juin, tremblement de terre dans les Pyrénées. Il se fit sentir de Bordeaux à Narbonne. Près de Bigorre, une haute montagne fut engloutie et laissa à sa place un grand lac; une fontaine chaude devint froide. (*Annales mundi,* t. VII, p. 543; C. A.; *Mémorial de Chronol.*, t. II, p. 919; Labbe, *Abrégé chronol.*, t. V, p. 906.)

L'auteur des Annales dit que la terre prit ainsi part au mariage du roi, célébré le 9, à St-Jean de Luz.

1664. — 15 février, secousse à Nice et à Marseille. (*Statistique des Bouches du Rhône*, communication de M. Aug. Bravais).

1666. — 11 décembre, à Bâle, une secousse médiocrement forte. (B.; C. A.; V. H.)

1668. — 14 décembre, à Francfort-sur-Mein, léger tremblement, entre midi et une heure. (V. H.)

— Tremblement de terre à Sarrebourg, en Lorraine. Un convalescent d'une fièvre maligne, qui avait la jambe découverte au moment du tremblement, fut attaqué de la gangrène en cette partie, qu'il fallut couper cinq semaines après. La même chose était déjà arrivée dans le voisinage. (C. A.)

L'auteur fait-il allusion au passage suivant? « 1085. — Magnus terrae motus et in occidentali parte Lotharingiae pestilentia magna, ita ut multi nervorum contractione distorti cruciabantur; alii sacro igne, membris exesis ad instar carbonum nigrescentibus, miserabiliter moriebantur. » (D. B., t. XII, p. 465.)

1669. — 14 septembre, à 3 h. 30 m. du matin, à Strasbourg, trois secousses, dont la première fut la principale. Le même jour tremblement à Bâle. (V. H.)

1671. — En septembre, sur les côtes sud de la Manche et de la mer du Nord, à St-Malo, le Havre, Calais, Dunkerque, Anvers... une secousse. (V. H.)

1672. — 2 décembre, une secousse à Bâle (V. H). Il faisait froid, le temps devint doux après. (B.)

1673. — Mars. Une secousse à Dusseldorf. (V. H.)

1674. — 6 décembre. Dans presque toute la Suisse, une vive secousse, qui paraît avoir été plus forte à Bâle, à Hohensaa, Glaris et Colmar (Haut-Rhin). Peu de temps après, on vit tomber deux météores ignés (globes de feu) comme deux ans auparavant. (B.; C. A. et V. H.)

1678. — 22 avril, à Blois, tremblement qui endommagea un clocher. (V. H.)

— Juillet, dans les Pyrénées, tremblement par lequel les eaux furent agitées jusqu'à Toulouse. (*Mém.* de Palassou, p. 265.)

2 septembre, à Avignon, trois secousses sans mauvais effet. On les ressentit à Arles et à Aix. (C. A.)

— (Sans date de mois.) Commotion terrible dans le midi de la France; l'une des plus hautes montagnes des Pyrénées fut engloutie et remplacée par un lac où jaillirent des torrents dont l'eau avait un goût minéral. L'Adour, la Garonne débordèrent. (*Mémorial de Chronol.*, t. II, p. 920, d'après Dumont, *Voyag. en France.*)

Ce fait est sans doute le même que celui de juillet, cité par Palassou.

1679. — 14 mars, secousse à Bâle. (V. H.)

1680. — 24 juillet, en plusieurs endroits de la Suisse; à Orbe, les secousses furent suivies d'un long murmure pendant plusieurs minutes; elles furent violentes à Bâle; et après, orages, grêles et pluies extraordinaires. (B.; C. A.; V. H.)

— 11 décembre, secousse à Bâle. (V. H.)

1681. — 27 janvier, entre 10 et 11 heures de la nuit, secousses dans presque toute la Suisse, particulièrement dans le canton de Glaris; on les ressentit à Neufchâtel et à Bâle. (B.; C. A.; V. H.)

— Janvier, un vendredi, entre 4 et 5 heures, à Mayence, Francfort-sur-Mein et Hanau, une secousse qui brisa la glace, mais causa peu de mal. (V. H.)

1682.— 2 mai, entre 2 et 3 heures du matin, puis le 7, le 12 et le 13, dans toute la Suisse, la Savoie, la Bourgogne, l'Alsace, la Champagne. Le tremblement, léger à Paris, fut très-fort à Remiremont, où les maisons s'écroulèrent. La fontaine de Plombières jetait plus de fumée qu'à l'ordinaire. Des flammes sortirent de terre en plusieurs endroits. Bruits sous terre et dans l'air. On cite encore comme ayant ressenti les secousses : Genève, Bâle, Strasbourg, Bar-le-Duc, Nancy, Metz, Auxerre, Troyes, Rheims, Laon, Sens, Orléans, Joinville, Vesoul, Dôle, Mâcon, Dijon... Elles s'étendirent jusqu'en Provence. (C. A.; V. H.; B.; Spon, *Hist. de Genève*, t. I, p. 555; A. P., t. I, p. 341; *Collect. Acad.*, t. I, p. 95; Richard, *Hist. des Mét.*, t. VIII,

p. 495; Vassali Eandi, *Rapport sur les tremblements de terre du 2 avril 1808*, p. 28.)

Les secousses du 2 et celles du 13, à la même heure, paraissent avoir été les seules remarquables.

1682. — 4 mai, à 7 heures du soir, tremblement à Francfort-sur-Mein. (V. H.).

— 1er juin, à Lyon, une secousse dirigée, selon les uns, de l'est à l'ouest, et, selon les autres, du nord au sud. (C. A.)

C'est la première fois que, pour ce catalogue, la direction de secousses se trouve mentionnée. C'est seulement vers le milieu de ce siècle qu'on a commencé à noter cette circonstance essentielle du phénomène.

1683. — 27 novembre, secousse à Bâle. (V. H.)

1684. — 26 février, entre 8 et 9 heures du soir, dans toute la Suisse, maisons renversées, particulièrement dans le Haut-Valais : peut-être à Lausanne et à Bâle. (V. H.; B. et C. A.)

— Secousses dans le Poitou, le Limousin et en Lorraine. (V. H.)

1685. — 26 et 28 février, secousses à Bâle et dans presque toute la Suisse. (B.; C. A.; V. H.)

— Juin. Le feu prit en plusieurs villages autour d'Évreux par des feux souterrains qui ouvraient la terre : un semblable feu prit tout d'un coup dans un village du Perche, nommé la Berchère; on ne put l'éteindre. (C. A.)

1687. — 19 mai, tremblement en Zélande. (V. H.)

1690. — 5 décembre (n. s.), en Souabe, tremblement du sud-ouest au nord-est. Les secousses furent violentes et s'étendirent jusqu'à Strasbourg, Heidelberg et Francfort. Elles eurent lieu vers 3 heures du soir. Une autre secousse, à 7 heures, fut légère. (C. A.; V. H.; Langlois, *Dict. de Géog.*, t. I, p. lxvi.)

— 18 décembre, secousse à Cologne. (V. H.)

1691. — 4 janvier, secousse à Bâle. (V. H.)

— 26 janvier, à 6 heures du matin, à Bâle encore. (B. et C. A.)

— 19, 20 et 21 février, secousses nombreuses à Laybach, Carlstadt, le long du Necker. La première fut la plus forte; on les ressentit à Venise, à Bâle, à Metz, (trois localités où elles furent très-fortes), à Sare-Louis, Mayence, Francfort et Hanau. Direction de l'est à l'ouest; arbres déracinés, terre entr'ouverte. (C. A; V. H.)

1692. — 13 septembre, à 2 heures 1/4 après midi, tremblement de terre qui dura près d'une minute et ne causa pas de grands dommages à Bruxelles; probablement le même que le suivant. (Communication de M. Quetelet.)

— 18 septembre (n. s.), entre 2 et 3 heures du soir, puis le 20 ou le 21, entre 8 et 9 heures du matin, violentes secousses dans le Brabant, à Bruxelles et à Anvers; elles furent moins fortes en Normandie, en Flandre, en Hollande et en Angleterre.

On les ressentit à Paris, à Spa, où les eaux minérales furent troublées, à Mayence, Francfort et même en Suisse, dans le Valais et le pays de Vaud. (C. A.; B.; V. H.; P. T., t. XLVI, p. 624.)

Keferstein cite encore, entre autres faits, pour cette année, les deux suivants :

1692. — 28 octobre, tremblement à Francfort-sur-Mein.

— 30 octobre, tremblement à Liége.

Mais V. H. ne les a pas compris dans sa chronique; il les rapporte seulement dans une note.

1693. — Du 9 au 11 janvier, en Sicile et en Italie, secousses très-violentes qu'on dit avoir ressenties en Allemagne, en Suisse, en France et en Hollande. En Suisse, les lacs furent troublés; le temps, très-froid, devint chaud presque tout à coup. (B.; C. A.; V. H.)

— 6 juillet, secousses à Mantoue, Padoue et Avignon. (V. H., d'après Keferstein.)

— 16 décembre (v. s.), à 1 heure du soir, secousse à Francfort-sur-Mein. (V. H.)

1699. — janvier, secousses sur le Rhin et le Mein, en Suisse et à Hambourg. (V. H., d'après Keferstein.)

1703. — 6 mai, à Francfort-sur-Mein et Hanau, une légère secousse. (V. H.)

— Nuit du 28 au 29 décembre, à Asti (Piémont), secousses pendant une demi-heure; on les ressentit en France. (V. H.)

1704. — 30 janvier, entre 6 et 7 heures du soir, à Francfort-sur-Mein, secousse sans dommage. (V. H.)

— 4 novembre, entre 4 et 5 heures du matin, tremblement à Zurich et aux environs. En même temps, violente tempête avec éclairs et tonnerre à Bâle. (B. et C. A.) On ne dit pas que Bâle ait éprouvé de commotion souterraine.

1707. — Nuit du 16 au 17 février, tremblement à Francfort-sur-Mein. (V. H.)

1708. — Du 1er au 30 septembre, secousses à Manosque (Basses-Alpes); des flammes sortirent de terre. (*Ann. de la soc. d'agric. de Lyon*, t. VIII; V. H.)

1710. — 8 décembre, secousses à Stein-sur-le-Rhin. (V. H.)

1711. — 9 février, entre 4 et 5 heures du matin, tremblement à Zurich et à Bâle, les eaux du Rhin bouillonnaient. (*Collect. acad.*, t. III, p. 181 et 183; A. P., an 1711, p. 4; V. H.)

— 17 mai, à Berg-op-Zoom, tremblement de terre pendant un orage. (V. H.)

— 6 octobre, tremblement à Paris et à trente lieues aux environs. (*Collec. acad.*, t. III, p. 183; A. P., an 1712, p. 7.)

1714. — Du 13 au 14 janvier, dans le Brabant, le Hainaut et à Liége, secousses légères. (C. A. et V. H.)

1715. — 19 février, à Nantes, une secousse. (V. H.)

— 11 avril, à Genève, trois secousses. (B. et C. A.)

1716. — 25 et 29 juin, entre 10 et 11 heures du soir, secousses à Genève, Nion et Morges. (B. et C. A.)

— 20 novembre, à 2 heures après midi, au Val-de-Roux (canton de Neuchâtel), on entendit un grand sifflement dans l'air pendant 7 à 8 minutes, quelques-uns le dirent souterrain. Le 26, à 3 heures du soir, tremblement de terre à Neuchâtel et aux environs. (B.; C. A.; V. H.)

Ce tremblement s'étendit-il jusqu'en France?

1721. — 3 juillet, à 7 h. 45 m. du matin. Dans presque toute la Suisse, tremblement précédé de murmures souterrains : murs fendus, cheminées renversées. On distingua deux secousses, deux allées, deux venues, d'un mouvement horizontal de l'est à l'ouest : odeur forte, froid très-piquant immédiatement après. On les ressentit à Mulhouse. (B.; C. A.; V. H.)

1724. — 13 janvier, à 8 heures du soir, léger tremblement en Bretagne. Le bruit précéda toujours les secousses de quelques secondes, et le tout ne dura pas plus d'une minute. (*Coll. acad.*, t. V, p. 64; A. P., an 1725, p. 4.)

1727. — 12 mai, à 6 heures du matin, à Francfort-sur-Mein, tremblement qui causa quelques dommages. (V. H.)

1728. — Février, à Epstein, à trois milles de Wiesbaden, plusieurs secousses. (V. H.)

— 3 août, entre 4 et 5 heures du soir, à Strasbourg, violent tremblement qui endommagea la cathédrale. Le Rhin gonfla jusqu'à la hauteur d'une pique. Plus violent encore à Genève, à Bâle et à Berne, où il fit sonner jusqu'à cinq fois la cloche de la grande horloge. Il y avait eu la veille tempête et tonnerre.

Les secousses furent ressenties à Mayence, Francfort, Worms et Manheim. (B.; C. A.; V. H.; *France pittoresque*, art. *Strasbourg*.)

Le lendemain, à 3 heures du matin, à Strasbourg, encore une secousse. (V. H.)

1729. — Du 13 au 21 janvier, tremblement de terre dans toute la Suisse, principalement à Froutigue, où ils revinrent pendant huit nuits de suite à peu près périodiquement, commençant à 10 heures du soir et finissant à 7 heures du matin. La nuit du 13 était belle, mais très-froide. Il soufflait un vent faible du midi. D'intervalles en intervalles, ce vent se renforçait, puis il cessait, et au moment qu'il cessait, les secousses revenaient.

On en éprouva à Bâle et à Genève, spécialement le 13, entre 10 et 11 heures du soir, et le 18, à 9 h. 1/4 du soir encore. (B.; C. A.; V. H.)

1731. — 13 juin, entre 10 et 11 heures du soir, fort tremblement de terre à Cavaillon (Vaucluse). Le dôme de la porte de la Couronne tomba. (A. P., an 1731, p. 19; *Coll. acad.*, t. VII, p. 100.)

1731 ou 1732. — A 6 heures après-midi, un tremblement de terre se fit sentir depuis la Pologne jusqu'aux Pyrénées. (C. A.)

1733. — 18 mai, à 2 heures après midi, à Francfort, Offenbach, Hanau, Darmstadt, Mayence et divers lieux de l'Allemagne, trois secousses assez fortes pour détacher des pierres des murs. (V. H.)

— 23 juin, secousses à Pardines en Auvergne. (V. H.)

1734. — 3 novembre (n. s.), entre 3 h. 30 m. du matin, dans le comté de Sussex (Angleterre), secousses de l'est à l'ouest; chacune dura 2 ou 3 secondes.

On les ressentit au Havre et jusque de l'autre côté de la Seine. Direction présumée du nord au sud. Plusieurs personnes eurent des maux de cœur. (A. P., an 1734, p. 4; *Coll. Acad*, t. VII, p. 103.)

1735. — 7 août, secousses à Francfort-sur-Mein, Mayence et Cologne. (V. H.)

1736. — 12 juin, un peu avant 8 heures du soir, secousses dans toute la Suisse et aux environs; on en ressentit à Bâle.

Le lendemain, à 6 h. 12 m. du matin, secousse à Genève. (B.; C. A.; V. H.)

1737. — 11 et 12 mai, secousses à Bâle. Du 11 au 28, il y en eut de très-nombreuses à Carlswich (Karlsruhe?) en Souabe. (V. H.; C. A.)

1738. — 18 octobre, à 4 1/2 heures du soir, à Carpentras, tremblement avec bruit semblable à celui de 100 pièces de 24 tirées à la fois. Les glands de quelques chênes tombèrent aussi dru que si c'avait été de la grêle. Pluie de terre deux minutes après, comme quand une mine a joué. La secousse dura deux minutes. Des cheminées furent renversées. La terre s'entr'ouvrit. (A. P., an 1738, p. 37.)

1740. — 30 janvier, entre 11 heures et midi, à Annonay, tremblement durant 3 ou 4 secondes.

— 15 février, à 2 heures du matin, puis le 21, à 3 1/2 heures du matin, nouvelles secousses.

Le troisième tremblement fut moins fort que le premier et plus fort que le second, précédé et suivi d'un bruit pareil à celui du tonnerre. Le bruit, qui a duré une demi-minute, allait d'octave en octave. Les secousses commençaient du côté du sud. (A. P., an 1740, p. 2; *Coll. Acad.*, t. VIII, p. 64.)

1743. — 7 mars, à 9 1/4 heures du soir, à Toulouse, Bordeaux, Moissac, Castel-Sarrazin et tout le long de la Garonne, deux secousses à six minutes d'intervalle. (*Mém. des Savants Étrang.*, t. IV, p. 118 et suiv.)

— 8 octobre, secousse à Bâle. (V. H.)

— 8 novembre, nouvelle secousse très-sensible avec bruit souterrain, entre 7 et 8 heures du matin. (B.; C. A.; V. H.)

Mérian ne parle pas de cette dernière, suivant Von Hoff.

1745. — 9 juillet, à 3 ou 4 heures du matin, à Béziers, tremblement léger, mais avec grand bruit. (A. P., an 1745, p. 15; *Coll. Acad*, t. IX, p. 63.)

1747. — Tremblement de terre à Venise, Toulouse........ (V. H.)

1749. — 11 octobre, à 7 heures du soir, à Blois et dans le Poitou, tremblement ressenti par Réaumur, à Réaumur, près de Luçon. (P. T., t. XLVI, p. 689 et 691.) Ce tremblement, décrit par Réaumur dans une lettre à la Société Royale de Londres, n'est-il pas de 1750? Cependant la lettre est datée de 1749.

1750. — 19 février (n. s.), entre midi et demi et 1 heure, à Londres, forte secousse de l'est à l'ouest avec bruit. Le vent, très-fort auparavant, s'était apaisé; le calme a régné le reste de la journée. Il y avait eu déjà une légère secousse la nuit précédente.

Ce tremblement fut ressenti à Calais, à Boulogne et sur la côte. (P. T., t. XLVI, p. 601 à 615 et 693; Priestley, *Hist. de l'électricité*, trad. fr., t. II, p. 255.)

— 1[er] mars, entre midi et 1 heure, à Londres et aux environs, secousses qui s'étendirent en Normandie, en Picardie, en Bretagne et du côté des Pyrénées. (C. A.)

Ce fait est sans doute le même que le précédent, auquel Gueneau de Montbeillard aura appliqué la correction relative au calendrier; or, comme les *Trans. philos.* le rapportent au 8 février, il est bien du 19, n. s.

— 29 mars (n. s.), à 6 heures du soir, tremblement très-fort à Portsmouth, Plymouth, etc. Il s'étendit jusqu'à Jersey et Guernesey. (P. T., an 1750, p. 650.)

Je regarde les deux îles de Jersey et Guernesey comme appartenant géographiquement à la France.

— 24 mars, dans le midi de la France, quelques secousses.

— Nuit du 24 au 25 mai, dans le Bigorre, bruit épouvantable suivi de plusieurs secousses, qui ne cessèrent que le 25, vers 10 heures du matin. Les chocs les plus forts se firent sentir entre Savin et Agde.

Ce fut surtout du côté de Lourdes que les craintes furent les plus vives; plusieurs maisons furent renversées. A Tarbes, on sentit le même jour quatre secousses, de 10 heures du soir à 5 heures du matin.

Le 26, on en ressentit encore trois, dont une renversa une ancienne tour de la ville : ces secousses furent toujours précédées de mugissements souterrains.

A Pau, les cloches sonnèrent d'elles-mêmes. On ressentit ce tremblement à Toulouse, Narbonne, Montpellier, Rhodez, S[t]-Pons, en Saintonge et dans tout le Médoc.

Ces secousses se continuèrent, mais légèrement, pendant presque tout le mois de juin. Il y en eut à Tarbes, du 21 au 28. Les plus fortes eurent lieu le 15. Dans ces derniers tremblements, les premières secousses étaient de bas en haut et les dernières horizontales. Les eaux des fontaines furent troublées et rendues semblables à

l'eau de savon, non-seulement par leur couleur, mais encore par une qualité abstersive qui leur était restée. (A. P., an 1750, p. 36; *Mém. des Sav. étr.*, t. II, p. 612; *Coll. Acad*, t. X, p. 178; Richard, *Hist. des Mét.*, t. IX, p. 467.)

1750. — 11 octobre, vers midi, en Bretagne, très-légère secousse avec forte détonation entendue de Cherbourg à Avranches et jusqu'à Bayeux. (A. P., an 1750, p. 36; *Mém. des Sav. étr.*, t. IV, p. 118; *Coll. Acad.*, t. X, p. 178.)

1751. — 15 février, secousses à Nantes. (V. H.)

— 30 mars, secousses sur les bords de la basse Loire. (V. H.)

— Avril, secousses à Angers. (V. H.)

— Tremblement à Gap. On y en a ressenti un troisième le 2 avril 1808. (M. U., 10 avril 1808.

1752. — Nuit du 11 au 12 janvier, à minuit et demi, à Toulouse et dans les Pyrénées, deux secousses en deux minutes. On entendit un bruit semblable à celui d'un feu de forge animé par des soufflets. Il tomba beaucoup de neige pendant la nuit. (*Mém. des Sav. étr.*, t. IV, p. 118.)

— 6 septembre, à Clermont, à Riom et aux environs, secousse d'abord du nord au sud, puis du sud au nord, avec bruit. (A. P., an 1752, p. 16; *Coll. Acad.*, t. XI, p. 55; G. F., 30 septembre 1752.)

1753. — 9 mars, à 2 1/2 h. du soir, à Genève, une secousse qui a duré deux minutes. Le battant d'une cloche l'a frappée presque aussi fort que lorsqu'il sonne l'heure. On la ressentit à Suse, à Turin et dans le mont Cénis, où elle fit une large ouverture par laquelle s'échappèrent des torrents d'eau, ainsi que dans les vallées de Lucerne et de Lapérouse. Dans les montagnes, on entendit un bruit semblable à celui du canon. (G. F., 24 mars, 14 et 21 avril.)

— 19 mars, à 2 h. 23 m., à Genève, quelques secousses. (B., et C. A.)

Ce fait est-il différent de celui qui précède? C'est peu probable.

— 8 décembre, à Brest, une secousse. (V. H.)

1754. — 12 janvier, sur les 11 1/2 h. du soir. A Vorreppe (Isère), bruits souterrains semblables à ceux que fait une masse de pierre en tombant, et quelques secousses du nord au sud. Dans un village voisin, des maisons furent renversées. (G. F., 9 février.)

— 9 septembre, à 7 1/2 h. et à 8 1/2 h. du soir, à Thein (Dauphiné), deux secousses. Le lendemain 10, nouvelle secousse avec bruit pareil au tonnerre. (G. F., 5 oct.) Gueneau de Montbeillard (C. A.) donne les dates des 9 et 10 novembre.

1755. — Durant le carême, en Bretagne, secousses très-sensibles. (C. A.)

— Avril, secousses à Stepney (Angleterre), dans le Brabant et sur quelques points de la Méditerranée. (V. H.)

— 15 octobre, à midi (le 14? N. L.), à Chambéry, une secousse assez forte, puis-

que les sonnettes des appartements du 3e étage sonnèrent, et que quelques cheminées furent renversées. Elle dura 2 ou 3 secondes et fut précédée par un bruit sourd, semblable à celui que feraient des voitures qui rouleraient dans le lointain sur des voûtes : ce bruit, qui dura à peu près autant que la secousse, parut venir du nord-est et la secousse s'être faite du nord-est au midi.

On la ressentit aussi à Grenoble et à Genève. (Toaldo, *Essai Météor.*, p. 280.)

Le même jour, il y eut une tempête en Espagne; elle fut suivie d'une mauvaise odeur; l'eau des puits, des fontaines et des rivières baissa malgré les pluies; elle manqua même en certains endroits et doubla dans d'autres. Dans le même temps, grande abondance d'exhalaisons, qui formaient des nuages épais et des cercles colorés (orangés, rouges et indigo), autour de la lune, et qui obscurcissaient l'éclat du soleil.

Beaucoup d'autres exemples d'exhalaisons souterraines eurent lieu à cette époque. (C. A.)

1755. — 1er novembre, à 9 h. 20 m. du matin, fameux tremblement de terre de Lisbonne, ressenti dans presque toute l'Europe, en Afrique et même en Amérique.

On le ressentit en France, principalement dans l'ouest et le midi; à Toulouse, Anduse en Languedoc, à Angoulême, Cognac en Saintonge, à Bordeaux. Les eaux parurent bouillonner et changèrent de couleur. Ce phénomène s'observa aussi en Provence, à Cuers, Vaucluse, Gémenox et St-Auban.

La même chose se fit remarquer sur le lac de Genève. A Bâle, les secousses n'eurent lieu qu'entre 3 et 4 heures du soir.

Le Poitou, la Bretagne, la Normandie, ne furent pas épargnés. La secousse fut violente à Caen.

En Hollande, en Gueldre, en Frise et dans la province d'Utrecht, les eaux furent très-agitées. Les secousses eurent lieu entre 10 et 11 heures, à Rotterdam, Bois-le-Duc, La Haye, Leyde, Gouda, Utrecht, Harlem et Amsterdam.

— 7 novembre, à 10 heures du soir, à Clermont en Auvergne, et aux environs, deux secousses assez fortes. (Je ne sache pas qu'on y ait ressenti le premier.)

— 9 novembre, à 3 heures du soir, à Besançon, Genève, Bâle et autres lieux de la Suisse, les eaux des lacs de Genève et de Zurich furent agitées dès les 2 heures et un quart.

— 18 et 19 novembre, sur les bords du Rhin, légères secousses.

— 26 et 27 novembre, secousses à Sédan, Mézières, Charleville, Liége et dans plusieurs autres localités de la Belgique.

Il y en eut presque chaque jour du mois en Portugal, en Espagne, sur les côtes d'Afrique, en Suisse et dans d'autres contrées de l'Europe. (C. A.; B.; P. T., t. XLIX.; *Mém. des Sav. étr.*, t. IX, p. 118; G. F., n^{os} de nov., déc. et janv. suivants; J. H., mars 1756; V. H.)

1755. — 9 décembre, à 2 1/2 heures du soir. Nouvelles secousses en France, à Mulhouse, Besançon, Bourg, dans la Franche-Comté et le Lyonnais. Elles furent nombreuses et excessivement violentes en Suisse : Bâle et Genève les ressentirent. Elles s'étendirent en Allemagne et en Italie. Il y en eut de simultanées à Lisbonne. (B.; C. A.; P. T., t. XLIX; G. F., 10 janvier 1756.)

— 11 décembre, secousses en Espagne. Von Hoff cite Orléans.

1755. — 13 décembre, entre 2 et 3 heures après midi, à Montbard, Flavigny, Dijon, Strasbourg, Huningue, dans la Franche-Comté, la Bresse, à Bourg, légères secousses. (C. A.; J. H.)

— 23 décembre, dans les montagnes du Roussillon, une secousse. (V. H.)

— Nuit du 24 au 25 décembre, à Besançon, Lyon et Genève, secousses sensibles. (C. A. et J. H.)

— Le 26, à 11 3/4 heures, puis à minuit, en Belgique, dans le Luxembourg, à Liége, Maestricht, Nimègue, Arnheim, Bréda, deux secousses. Il y avait déjà eu dans la soirée deux secousses légères à Maestricht, l'une à 4 heures, l'autre à 4 1/2 heures. Il y en eut une autre légère le 27, à 1 heure du matin.

On en ressentit aussi à Cologne, dans quelques vallées de l'Alsace, de la Picardie, de la Lorraine et des Alpes, où des sources devinrent salées.

Le 27, à 2 1/2 heures du matin, à Sédan, Rocroy, deux légères secousses et quatre à Cologne : deux maisons furent renversées à Chênée, village à une lieue de Liége. La commotion fut accompagnée d'un bruit pareil à celui d'une mousqueterie dans le lointain. (P. T., t. XLIX, p. 512, 546, 604 et 664; G. F., 3 et 17 janvier 1756; C. A.)

Le même jour encore, mais sans indication d'heure, en divers endroits du Roussillon, aux environs du Canigou, au pied des Pyrénées, où la secousse fut annoncée sur les 3 1/2 heures du matin, par un bruit souterrain qui se renouvela six fois en deux heures et chaque fois fut suivi de balancement de la terre.

Il y eut à Cordoue une assez forte secousse ; on en ressentit à Aix en Savoie, en Italie et le long du Rhin à Manheim. (C. A.; G. F., 6 mars 1756, et J. H. 1756.)

Il serait assez difficile de ne voir qu'un fait unique dans les secousses ressenties à Cordoue, dans le Roussillon et à Manheim, si les pays intermédiaires n'ont rien éprouvé. Quant aux commotions de la Savoie et à celles de l'Italie, elles semblent se rattacher à celles de Suisse, qui paraissent avoir eu leur centre à Brigue, où l'on en éprouva presque chaque jour pendant deux mois. Toutefois, je ne veux rien préjuger sur le mode de communication et de propagation des tremblements de terre ; *je me contente de signaler le phénomène de ce jour.* Quant à celui du 1er novembre, il est bien constaté qu'il s'est étendu depuis l'intérieur de l'Afrique jusqu'au Groënland, sur le méridien de Lisbonne.

1756. — 15 janvier, à Amersfort (province d'Utrecht) et à Utrecht même, une forte secousse. (P. T., t. XLIX, p. 513.)

Von Hoff en a déjà cité une pour le même lieu, sous la date du 15 décembre 1755. Doit-on en compter deux?

— 26 janvier, à 3 h. 50 m, à Cologne, une légère secousse de l'est à l'ouest pendant 7 à 8 secondes, et à Bonn comme aux 26 et 27 décembre précédent (C. A.; J. H.; G. F.; 7 fév.)

— 13 février, à 4 h. 1/2 du soir, à Maestricht, un choc court et léger.

Le 14, à 3 h. 1/2 du matin, nouveau choc, court et fort.

Le 18, entre 7 et 8 heures du matin, à Paris, Versailles, Beauvais, Saint-Quentin, Lafère, Rouen, Aire, Dieppe, Moyenvic, Fismes, Laon, Sédan, Metz, secousses dirigées du sud-est au nord-ouest, ou de l'ouest au sud-est; dans les 4 premières villes le baromètre était fort bas; à Rouen, à Lafère, à Dieppe, le baromètre était au dernier degré au-dessous de tempête; à Aire, à Sédan, les secousses ont duré plus d'une minute avec bruit souterrain; à Metz, des cheminées ont été renversées.

On en ressentit dans presque toute la Belgique, à Bruxelles, Mons, Namur et Liége, à peu près vers 8 heures, ainsi qu'à Cologne, Maestricht, Amsterdam, Aremberg, Worms, Manheim, Darmstadt et Cassel. A Leyde, elles eurent lieu à 7 h. 56 m.; à La Haye, à 8 h. 8 m.; à Bonn, à 8 h. 6 m.; à Gotha, à 8 h. 30 m. En Hollande, où elles furent très-fortes, elles durèrent une minute et demie, puis recommencèrent 10 ou 12 minutes après.

A Londres et sur les côtes d'Angleterre, un peu avant 8 heures, l'air était calme, le ciel brumeux et aussitôt après sévit une très-grande tempête.

A 9 heures, nouvelles secousses à Liége. Les ouvriers employés aux mines les plus profondes (900 pieds), aux environs de la ville, entendirent avant l'ébranlement un bruit sourd au-dessus de leurs têtes, tandis que ceux qui étaient sur le sol entendirent un bruit du même genre (*rumbling noise*) au-dessous de leurs pieds, et coururent à la cloche d'alarme. Ces secousses s'étendirent jusqu'à Manheim.

Il n'y eut à cette heure qu'une courte et légère commotion à Maestricht; mais on y en éprouva encore trois autres dans le jour, à 9 h. 1/2, midi et demi et 8 h. 3/4 du soir.

De ce jour jusqu'au commencement d'avril, on ne fut pas une seule fois 24 heures sans éprouver à Maestricht quelques commotions. On compta plus de quatre-vingts tremblements de terre distincts. Il en arriva par tous les temps, sec, humide, clair, brumeux..... Seulement on a remarqué le calme au moment des secousses et le vent aussitôt après. La boussole et le baromètre furent très-agités pendant ces tremblements, que précédèrent des aurores boréales.

Le 20 février, à 6 heures du matin, une dernière secousse en Belgique.

Les eaux de la Meuse et du Rhin furent très-agitées pendant toutes les commotions. (C. A.; V. H.; P. T., t. XLIX, p. 544 à 548, 565 et suiv. 580; G. F., 28 fév., 6, 13 et 27 mars; J. H.).

1756. — 26 avril, à 5 h. 1/2 du soir, à Breteuil, une secousse forte, précédée de deux secousses légères et suivie d'une quatrième. On ressentit au Plessis et à Saint-Just, deux autres secousses plus longues, mais moins effrayantes.

Le 30, vers 9 h. 1/4 du soir, à Paris et à Versailles, une secousse très-marquée: au château du Plessis, à 4 lieues de Montdidier, elle dura 15 minutes, y fut très-violente et accompagnée d'un bruit comme d'un grand vent qui souffle dans une futaie. On entendit encore des bruissements de demi-heure en demi-heure, toute la nuit, à Breteuil. (G. F., 8 mai et 12 juin; C. A. et J. H.)

— 15 mai, à 1 h. 1/4, 2 h. 1/4 et 7 heures du matin, à Sains près de Breteuil, trois secousses suivies de bruissements qui se sont renouvelés d'heure en heure jusque dans la nuit suivante.

On en a ressenti pareillement à Beauvais, Montdidier, Clermont (Oise), avec mouvement sourd suivi de bruissement. A Beauvais et Bonvillers, on a vu des exhalaisons enflammées au moment du tremblement. (C. A.)

— 3 juin, secousses à Aix-la-Chapelle, Liége, Maestricht, Cologne et dans les mêmes lieux que les 18 et 19 février. (C. A.; P. T., t. XLIX, p. 893; G. F., 19 juin.)

— 19 novembre, à Cologne, Liége, Bonn, Limbourg et tout le pays d'entre Meuse et Rhin, une secousse de trente secondes. (G. F., 4 déc.; C. A.; P. T., t. XLIX, p. 893.)

1757. — 18 janvier, en Alsace et dans la Franche-Comté, quelques secousses. (C. A.)

— 6 août, tremblement à Bâle; le même jour à Milan et à Syracuse. (V. H.)

— 27 et 28 octobre, au Havre et à Pont-l'Évêque, deux secousses; la première a duré trois minutes et la seconde deux minutes. (G. F., 5 nov.; C. A.)

— 8 novembre, secousse légère à Bâle. (V. H.; *Acta Helvetica*, t. III, p. 385.)

1759. — 10 août, à 10 h. 15 m. du soir, à Bordeaux, tremblement de terre précédé d'un bruit souterrain qui dura deux ou trois secondes, et qui durait encore lorsqu'on sentit deux violentes secousses de même durée; la direction était de l'ouest au nord-est; la basse région de l'air était couverte de nuages fort agités, quoique le temps fût très-calme; la voûte de Notre-Dame se détacha en partie et une maison s'écroula sur ses fondements à Larmont, à une lieue de Bordeaux.

On éprouva à Limoges et dans le Limousin une secousse d'environ une minute, précédée d'un bruit souterrain. (C. A.)

1760. — 19, 20 et 21 janvier, à Amsterdam, Leyde et Utrecht, quelques secousses.

Le 20, légères secousses à Paris et à Versailles.

Le même jour, une secousse à Vézelay, en Bourgogne. (G. F., 2 févr. et 8 mars; C. A.)

— 20 juin, vers les 11 heures du matin, à Bruxelles et dans quelques autres lieux du Brabant, à Cologne, secousses plus légères que celles du 20 janvier précédent. (C. A.)

— 16 juillet, à Bruxelles et dans plusieurs villes du Brabant, trois ou quatre secousses d'un tremblement par ondulation. (C. A.).

1761. — 18 janvier, à 10 heures du soir, à Tuyglins, près de Grenoble, ouragan terrible pendant lequel on sentit trois secousses de tremblement de terre. La terre s'entr'ouvrit et il en sortit encore des flammes quelques jours après. (J. E.; 15 février.)

— 16 octobre, entre 8 et 9 heures du matin, à Verpillère et dans les villages voisins sur la route de Lyon à Grenoble, secousse avec bruit qui épouvanta les animaux. (G. F., 24 mai 1762.)

— 13 novembre, 2 heures et demie du matin, à Genève, légère secousse accompagnée de bruits sourds pendant l'apparition d'un météore. C'était un globe immense qui se changea en traînée et se dissipa ensuite avec une explosion assez forte. On crut être dans les plus profondes ténèbres après l'explosion, quoique le ciel fût serein et qu'il y eût de la lune. Il allait du sud à l'ouest.

Deux habitants près de Moulins en virent un à peu près à la même heure, qui, lorsqu'il s'approcha de terre, parut du volume et de la forme d'une gerbe enflammée. (G. F.; 28 nov.)

1762. — 11 janvier, le soir, près de Montfort l'Amaury (Seine et Oise), après des orages du jour, plusieurs secousses de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest. (A. P., an 1762, p. 36; *Coll. acad.*, t. XII, p. 45.)

— 5 mai, à 9 h. 28 m. du soir, à Verpillère, sur la route de Lyon à Grenoble, secousse d'une minute avec bruit souterrain. Les animaux parurent très-épouvantés, les chevaux hennirent. (G. F., 24 mai.)

— 23 juillet, à 7 h. 1/2 du soir, à Arles, légère secousse, temps très-serein et très-chaud. (G. F., 6 août.)

— 31 juillet, à 1 heure après midi, à Bonn, secousse précédée d'un bruit souterrain. Vers minuit, le même bruit fut suivi de nouvelles secousses plus fortes que la première; elles durèrent trente secondes.

— Le 1er août, deux nouvelles secousses. (G. F., 13 août.)

— Le 1er août, à 11 heures du matin, on ressentit à Bruxelles un tremblement qui dura 10 à 20 secondes. (Communication de M. Quetelet.)

1763. — 11 mars, à 10 heures du soir, à Bayonne, secousse très-faible.

Le lendemain, à 4 heures et quelques minutes du matin, une deuxième secousse réveilla quelques personnes.

Le 13, à 1 heure et 1/2 du matin, on ressentit à Pau une secousse assez forte, avec bruit souterrain semblant venir des Pyrénées. (G. F., 8 avril.)

— 11 juillet, à 7 h. 32 m. du matin, à Nîmes, légère secousse de l'ouest à l'est, durant quelques secondes.

Le lendemain, à 7 heures du matin, à Avignon, Aix et Tarascon, secousse très-sensible pendant 5 à 6 secondes, avec bruit souterrain. (G. F., 25 et 29 juillet; A. P., an 1763, p. 19; *Coll. acad.*, t. XIII, p. 85.)

— 18 octobre, dans le Roussillon, crue d'eau épouvantable attribuée à un tremblement de terre. (A. P., an 1764, p. 35.)

1764. — 6 janvier, tremblement à Bâle. (V. H.)

1765. — 14 février, à Abbeville et surtout du côté de Saint-Valery, une légère secousse. Au nord, on n'a entendu qu'un bruit sourd et extraordinaire venant de la mer. (G. F., 8 mars.)

— 8 avril, 10 heures du soir, à Limoges et dans toute la basse Marche, trois violentes secousses, les deux dernières avec bruit pareil au tonnerre dans l'éloignement. (G. F., 19 et 21 avril.)

— 19 mai, à 10 h. 45 m. du matin, dans le pays de Foix, une secousse de près de 2 minutes, puis 10 à 12 minutes après, deux autres secousses légères. A 11 h. 15 m., on en ressentit une à Toulouse, durant 3 secondes. Direction du nord au sud. (G. F., 31 mai; J. E., 1er juin; A. P., an 1765, p. 23; C. A., t. XIII, p. 157.)

— 19 juin, à 11 heures du matin, dans les Pyrénées, tremblement de terre de 1 minute sur une étendue de 17 lieues. (J. E., 15 juillet.)

1766. — 8 juillet, vers les 3 heures après midi, à Briançon et Mont-Dauphin, deux fortes secousses avec bruit, dirigées du nord au sud. (G. F., 25 juillet; J. E., 1er août.)

— 25 septembre, à 6 heures du matin, à Lyon, faible tremblement. (Extrait des registres de l'observatoire de Lyon, communiqué par M. Aug. Bravais.)

1767. — 20 janvier, à Lippstadt, Rithberg, Guterslohe et Herford, une secousse. On en a ressenti à Munster, Osnabruck et Paderborn. (G. F., 6, 16 et 20 février; J. E., 15 février.)

On en avait éprouvé dès l'avant-veille et la veille en Allemagne.

— 9 février, à 4 heures du matin, à Grasse, trois fortes secousses, ressenties plus vivement encore à Nice, à Gènes et surtout à Venise. (G. F., 9 mars.)

— 7 avril, à 1 h. 30 m. du matin, à Bourgneuf (Loire-Inférieure), violente se-

cousse avec bruit de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest. Une demi-heure après, un grand coup de tonnerre où le bruit du tremblement a paru finir.

Le même jour, à 2 heures du matin, à Nantes, une légère secousse avec bruit pareil à celui d'un chariot. La veille, il avait fait un grand vent. (G. F., 17 avril et 15 mai.)

1767. — 15 avril, à 1 heure du matin, à Mulhouse; une secousse plus forte en Allemagne. Au moment de cette secousse, on aperçut de Vagelsbourg un nuage sulfureux et oblong du côté de Cassel, où la commotion fut ressentie. (G. F., 1, 8, 25 et 29 mai.)

— 29 juin, à 3 h. 9 m. du matin, à Cologne et dans toute la province de Clèves, une violente secousse qu'on a aussi ressentie à Sédan et à Bouillon. (G. F., 3 et 17 juillet; J. E., 15 *juin*, le numéro n'a paru qu'en juillet.)

1768. — 3 avril (jour de Pâques), à Pau, violente secousse d'une minute. (G. F., 18 avril; Cotte, *Mém. des savants étrangers*, t. VII, p. 479.)

— 25 avril, à l'Orient, secousse ondulatoire. (Cotte, *ibid.*, p. 479.)

1769. — 18 novembre, à 4 heures du matin, à Avignon, violentes secousses avec bruit semblable à un coup de vent, pendant une minute et demie. Direction du sud au nord et du nord au sud. Un quart d'heure après, pluie extraordinaire. Elles furent plus sensibles à deux lieues à Roquemaure et à Bédarrides, où elles renversèrent des maisons. (G. F., 15 déc.)

Richard, *Hist. des Mét.*, t. VIII, p. 505, donne la date du 18 novembre.

— 1er décembre, un peu après 6 heures et demie du soir, à Paris, Saint-Cloud, Montmorency, à Dieppe, une violente secousse qui fit craindre, à Rouen, l'écroulement des maisons, et fut peu sensible aux environs.

Le même jour, à 10 h. $^{1}/_{2}$ du soir, à Houlme, village à une lieue de Rouen, deux secousses plus vives. On aperçut au ciel une lumière brillante.

A Versailles, la première secousse avait eu lieu à 6 h. 36 m.

A Elbeuf, les secousses furent violentes; la Seine mugissait et bouillonnait, et on vit *une multitude d'étoiles filantes qui laissaient des traînées beaucoup plus enflammées que les corps eux-mêmes.* (G. F., 8 et 15 décembre; J. E., 15 déc.; A. P., an 1769, p. 25; *Coll. acad.*, t. XIV, p. 124; Richard, *Hist. des Mét.*, t. VIII, p. 506.)

1770. — 20 mars, secousses à Bâle. (V. H.)

— 9 juin, à 10 h. 58 m. 45 s., à Cologne, secousses réitérées de 14 à 16 secondes. On en a ressenti à Maestricht à 11 heures. (G. F., 25 juin.)

— 29 juillet, à 5 heures et quelques minutes du soir, à Belley, Bourg et Lyon, deux ou trois secousses de trente secondes. Elles avaient deux directions parallèles de l'est à l'ouest. (G. F., 17 août; Reg. de l'Observatoire de Lyon. Comm. par M. Aug. Bravais.)

1769. — 9 octobre, à 7 h. 1/4 du matin, à Lyon, la Claire, Balmont et Ambérieux (Bugey), légères secousses. (Extrait des Reg. de l'Observ. de Lyon, communiqué par M. Aug. Bravais.)

— 9 octobre, secousse à Bâle. (V. H.)

1771. — 11 août, 9 heures du matin. A Memmingen, Dourlach, Stuttgardt, Schaffhouse, dans les environs d'Augsbourg, sur une étendue de pays de 60 lieues de longueur et 40 de largeur, jusques aux bords du Rhin, des secousses si violentes que le service divin fut interrompu; les prêtres quittèrent l'autel. (G. F., 9 et 11 octobre.)

Je doute que ce fait doive figurer dans ce catalogue?

1772. — 2 janvier, entre 6 et 7 heures du matin, à Parthenay (Deux-Sèvres), une forte secousse qui a renversé des meubles.

Le 9, à 7 heures du matin, une nouvelle secousse avec bruit pareil à celui des voitures, renversa des édifices. Le Thoué sortit de son lit deux minutes auparavant. A 9 heures du matin, une secousse très-légère.

Le 10, à 7 et 9 heures du matin, à Poitiers, deux secousses assez fortes. (G. F., 24 janv.)

— 8 mars, vers midi, à Brétignolles, près Chinon (Indre et Loire), deux secousses d'un mouvement vertical, avec bruit sourd comme d'une explosion éloignée (A. P., an 1772, p. 15; *Coll. acad.*, t. XV, p. 23.)

— 19 avril, à 9 h. 1/2 du matin, à Josselin (Bretagne), secousse de trois secondes, plus vive dans les montagnes à angles saillants. Direction du nord-est au sud-ouest. (G. E., 25 mai.)

— 8 juin, entre midi et 1 heure, à Clanssayes (Dauphiné), léger tremblement; à 5 heures, trois secousses bien marquées.

Le 9, quelques secousses ressenties aussi dans le voisinage.

Le 11, à 5 heures du matin, nouvelles et violentes secousses. Depuis, bruit semblable à celui de plusieurs coups de canon dans le lointain, pendant tout le mois de juin, par intervalles, avec légères secousses dont la *direction était alors de l'ouest à l'est.*

En juillet, août, septembre et octobre, rien. (Faujas de Saint-Fond, *Hist. nat. du Dauphiné*, t. I, p. 320.)

— 24 juin, à 9 h. 39 m. du matin, au Puy, secousse assez forte, de deux secondes de durée et avec bruit pareil à celui d'une voiture. Sur les 11 heures du matin, secousses violentes pendant une seconde, dans l'étendue de la subdélégation de Saint-Bonnet-le-Château, généralité de Lyon. (G. F., 6 et 24 juillet; J. E., 1er juillet.)

— 31 juillet, à 2 h. 41 m. du soir, à la Rochelle, une légère secousse du sud au nord, avec un bruit semblable à celui d'une voiture roulant avec vitesse.

On croit qu'il y avait eu une première secousse à 11 heures et demie. (G. F., 24 août; M. F., septembre.)

1772. — Octobre, dans les montagnes du Béarn (Pyrénées), tremblement qui renversa le village d'Arudi. (Palassou, *Mém.*, p. 266.)

— Du 1er au 29 novembre, à Clanssayes, de temps en temps, du bruit et de légers ébranlements.

Le 29, une secousse courte, mais vive.

Du 29 novembre au 6 janvier suivant, quelques légères secousses, mais bruit presque journalier. (Faujas de Saint-Fond, *ibid.*, p. 321.)

— 23 décembre, à 6 h. 37 m. du soir, au Havre et dans les environs, une secousse assez considérable avec bruit souterrain. (G. F., 1er janvier 1773.)

— 25 décembre, à 11 heures et demie du soir, à Prades (Roussillon), une secousse de deux secondes, précédée d'un bruit sourd, paraissant venir du côté de l'occident. (G. F., 18 janvier et M. F., février 1773.)

1773.—16 janvier, à 4 heures 1/4 du soir, à Clanssayes, deux ébranlements violents; la terre fut souvent agitée toute la nuit suivante.

Le 18, vers sept heures du matin, une forte secousse; une heure et demie après, quatre secousses si violentes que beaucoup de pierres se détachèrent des murailles. *Les fortes secousses étaient accompagnées d'un vent frais et vif, qui ne durait qu'autant que le bruit et les tremblements.* Dans tout le reste de la journée, de très-légères secousses avec beaucoup de bruit. A 8 h. 1/4 du soir, nouvelle secousse effrayante et terrible; plusieurs maisons reçurent des dommages.

Les 19, 20, 21 et 22, beaucoup de bruit et de faibles secousses.

Le 23, à 4 heures du soir, on ressentit les trois plus fortes secousses qu'on eût alors éprouvées. Il y eut de grands dommages. Ce tremblement se prolongea jusqu'à Suze, Valréas, La Garde, Pierrelatte, Montélimar, etc., et même au delà du Rhône, dans la direction de Saint-Andéol et de Viviers.

A Tulette, à 3 lieues de Clanssayes, l'auteur auquel j'emprunte cette citation observa le phénomène suivant : des saucissons étaient suspendus à une perche par des fils très-longs, qui semblaient faire effort pour garder leur aplomb dans la partie la plus rapprochée de la perche, tandis qu'un mouvement d'attraction et de répulsion agitait respectivement chaque saucisson, d'une manière semblable à celle des battants suspendus dans le carillon électrique. Ce mouvement se manifesta en même temps que le bruit et précéda le tremblement de terre; il ne fut point interrompu par la cessation des commotions, et ne se ralentit pas par degrés comme dans l'agitation ordinaire d'un corps mis en mouvement, mais il cessa subitement d'une manière prompte et *sèche*, si je puis m'exprimer ainsi, ce qui, ajoute l'auteur, me parut tenir de très-près à l'électricité.

Le 24, quelques secousses mêlées de bruit.

Le 25, une simple commotion.

Les 26, 27, 28 et 29, du bruit et quelques ébranlements légers pendant la nuit.

Le 30, à 6 heures du matin, deux secousses; la dernière forte; un bruit souterrain par intervalle.

La nuit du 30 au 31, quelques secousses, une entre autres terrible; le bruit, *cette fois*, s'annonça en même temps que la commotion.

Le 31, à 11 heures du matin, une secousse, mais moins considérable. (Faujas de Saint-Fond, *Mém.*, p. 321; G. F., 12 et 22 fév.; J. E., 1er avril; M. F., mars.)

1773. — 28 janvier, à Saint-Savin (Poitou), quelques secousses suivies d'un orage si violent qu'il renversa des maisons et déracina des arbres dans une étendue de plus de trois lieues. (G. F., 19 février.)

Les 1, 2 et 3 février, au village de Clanssayes, plusieurs secousses médiocres; trois beaucoup plus sensibles dans les fermes situées du nord au couchant.

Le 4, à 2 heures après midi, les fermes de cette position éprouvèrent un ébranlement très-fort, à peine sensible au village.

Les 5 et 6, rien.

Le 7, à 1 h. 1/4 du matin, nouvelle secousse presqu'aussi forte que celle du 23 janvier, mais qui dura quatre secondes de plus; nouveaux désastres qui augmentent de jour en jour.

La direction des secousses avait presque toujours été depuis le commencement jusqu'à ce jour, du levant au couchant, et le point fixe d'où partaient toutes les commotions paraissait n'être qu'à environ mille pas du village, situé sur un mamelon appelé le *Sault de la pierre*, élevé de 70 toises et taillé à pic au midi.

Lorsque les secousses étaient violentes, les paysans assuraient unanimement qu'ils sentaient un frémissement pareil à celui qu'occasionneraient un grand nombre de carrosses qui rouleraient rapidement tous ensemble sur le pavé.

Les grandes secousses étaient ordinairement précédées et suivies par un tourbillon d'un vent frais si fort qu'il arrêtait les hommes et les animaux lorsqu'ils marchaient; ceux-ci en étaient effrayés.

Les secousses avaient un mouvement d'oscillation horizontal, brusque, précipité et inégal, plus ou moins violent en raison de la force et de l'étendue des commotions. Il ne s'élevait aucune exhalaison sensible qui manifestât la moindre odeur, soit dans le jour, soit pendant la nuit. Les puits et les fontaines donnaient de l'eau comme à l'ordinaire sans être altérée en aucune manière, et leur température restait toujours au même degré.

Depuis le 7 février jusqu'au 15 l'on éprouva diverses secousses; elles partaient alors de dessous Clanssayes et se prolongeaient du côté de Saint-Raphaël (village éloigné d'une lieue), où elles renversèrent plusieurs cheminées.

Le 15, à 11 h. 1/2 du matin, une secousse très-courte, mais des plus violentes.

Du 15 au 22, quelques légères commotions; le bruit et les tremblements s'affaiblissaient à Clanssayes, mais augmentaient dans la partie sud-ouest. Il arrivait même quelquefois qu'on n'entendait que le bruit à Clanssayes et que les ébranlements se manifestaient du côté de Saint-Raphaël.

Le 22, entre 8 et 9 heures du matin, trois secousses assez fortes avec un bruit éclatant.

Le 23, rien.

Le 24, entre 8 et 9 heures du matin, trois nouvelles secousses violentes; murailles renversées.

Le 25, ébranlements légers à Clanssayes, tandis qu'à Saint-Raphaël les secousses devinrent violentes.

De ce jour au 1er juin, le village de Clanssayes fut assez tranquille et n'éprouva que quelques légères secousses par intervalle : mais ce qu'il y eut d'extraordinaire, c'est qu'elles furent très-violentes à Saint-Raphaël et qu'elles remontaient vers une partie du territoire de Clanssayes qui avait été épargnée jusqu'alors. (Faujas de Saint-Fond, *ibid.*, pp. 324 et suiv.)

1773. — 2 février, à 4 h. 1/2 du matin, à Saint-Jean-Pied-de-Port (Navarre), deux secousses qui ont duré plus de 2 minutes. (G. F., 19 fév.)

— 15 avril, entre midi et 1 heure, à Saint-Malo, une secousse plus violente à proportion de la proximité de la mer, avec bruit pareil à un tonnerre éloigné. Direction du nord-ouest au sud-est; durée, une minute. Elle a été plus sensible sur les hauteurs et les falaises; des pendules se sont arrêtées. On en ressentit une, à 1 h. 1/4, à l'île de Guernesey, avec bruit souterrain. Il y en eut une seconde le lendemain.

Ce même jour 15 avril, à 2 heures du soir, et le 23, à 11 h. 1/4 du soir, à Pléneuf (diocèse de St-Brieuc), deux secousses plus fortes dans les lieux bas, avec un bruit souterrain comme un tonnerre éloigné. Direction du nord-ouest au sud-est. La secousse du 23 fut ressentie sur toute la côte du Cotentin. Toutes furent ressenties à Dol et dans l'île de Jersey. (G. F., 30 avril, 7, 10, 21 et 31 mai.)

— 1er juin, à 4 heures du matin, à Clanssayes, bruit fréquent et très-marqué qui se manifesta jusqu'à midi sans commotion : ce ne fut qu'à 2 h. 1/2 du soir qu'on ressentit une terrible secousse sans bruit.

Le 2, bruit sans commotion. On n'éprouva rien dans le reste du mois.

— 7 juillet, dans la matinée, dans la partie occidentale du territoire de Clanssayes, trois secousses très-fortes à peine sensibles au village.

De ce jour jusqu'au 13 octobre suivant, très-peu de chose à Clanssayes, mais de temps en temps, des secousses très-fortes à St-Raphaël. (Faujas de St-Fond, *ibid.*, p. 327.)

1773. — 8 août, à 4 h. 1/2 du soir, à Luxembourg, forte secousse qui s'étendit jusqu'à Vienne. (G. F., 27 août.)

— Commencement de septembre, vers 10 heures du soir, dans la vallée d'Ossau (Pyrénées), une secousse légère dans les terrains calcaires, très-forte dans les roches granitiques. (Palassou, *Mém.*)

— 13 octobre, à 4 heures du soir, à Clanssayes, trois fortes secousses, dont une fut suivie d'un bruit considérable; la secousse fut une commotion verticale qui suivit la direction du sud au nord.

Le 15, à 4 heures du soir, trois légères secousses. (Faujas de St-Fond, *ib.*, p. 328.)

— 17 octobre, à 10 h. 3/4 du matin, à Pau, Gant, Arudi, deux secousses du sud au nord-est.

Le 18, à 5 h. 1/4 du matin; le 19, à 5 heures, et le 22, à 6 heures du matin, encore trois nouvelles secousses. (G. F., 5 nov.; J. E., janv. 1774.)

— 25 novembre, à Clanssayes, quelques secousses médiocres avec bruit.

Les commotions et le bruit s'affaiblirent dans le mois de décembre, de façon qu'à la fin de ce mois l'on n'entendit ni l'on ne ressentit plus rien.

Il n'en fut pas de même du côté de St-Raphaël, où les tremblements de terre redoublèrent et durèrent tout ce mois. Après, le calme régna totalement comme aux lieux voisins. Mais ces villages avaient été presque entièrement ruinés, surtout Clanssayes, perché sur la sommité d'une montagne parmi de grands blocs de grès rompus, n'ayant pour base qu'un sable mêlé d'argile et situé, d'un côté, sur le bord d'un principe effrayant. (Faujas de St-Fond, *ibid.*, p. 328.)

— 31 décembre, à 1 h. 1/4 du matin, à Mont-Dauphin et dans les villages voisins, une secousse assez violente du nord au sud; des murailles et des voûtes ont été endommagées (G. F., 24 janv. 1774.)

1774. — 10 septembre, à 4 h. 1/2 du soir, à Strasbourg, Belfort, Besançon, Beaume, Bâle, plusieurs secousses de l'ouest à l'est.

On les ressentit à Ratisbonne et à Anspach.

Dans le canton d'Uri, on en éprouva presque toute la journée. Des édifices furent renversés. (G. F., 27 sept., 7 octob. et 18 nov.)

1775. — 4 février, à Réthel en Champagne, secousse ondulatoire pendant un ouragan. (V. H.)

— Nuit du 6 au 7 février, à St-Savin et dans plusieurs villages près de Bourgoing, une violente secousse qui fut précédée d'un bruit souterrain semblable à celui du tonnerre. (G. F., 10 mars.)

1775. — 30 avril, à 9 h. 1/2 du soir, au Villar, généralité d'Auch, deux secousses ressenties aussi à la barre de Nortes, dans les Pyrénées, où il y en eut une troisième à 10 h. 1/4, mais non accompagnée de bruits souterrains comme les deux premières. Toutes furent dirigées de l'est à l'ouest. (G. F., 22 mai.)

— 6 octobre, à 7 h. 35 m. du soir, à Vico (Corse), une secousse assez violente.

Le 22, à 2 h. 12 m. du matin, quatre nouvelles secousses du sud-est au sud-ouest. Une maison fut renversée. On ne sait pas si la mer fut aussi agitée que la première fois. On remarqua un bruit pareil à l'explosion d'une mine. (G. F., 20 nov.)

— 30 octobre, à Tournon, une secousse accompagnée d'un coup de vent. (Cotte, *Mém. des savants étrang.*, ib.)

— 30 décembre, vers 10 h. 3/4 du matin, à Toulouse, une légère secousse de l'est à l'ouest.

A Corbeil, Messier la remarqua en forme de soulèvement incliné du nord-ouest au sud-est, à 10 h. 42 m.

A Alençon, à 10 h. 34 m., deux secousses; la première plus forte et d'une demi-minute, avec un bruit pareil à celui d'un carrosse roulant. Un puits profond de 45 pieds a eu ses eaux troublées et rendues noirâtres; les seaux devinrent noirs après deux ou trois immersions.

A Mortagne, trois secousses de plus en plus fortes et à direction verticale.

A Segré (Maine-et-Loire), le tremblement de terre fit bouillonner les ruisseaux qui coulaient du sud-ouest au nord-est, et ne fit rien sur ceux qui coulaient du nord-est au sud-ouest. Les villages des vallées qui n'étaient pas dominées par des montagnes au sud-est, n'ont presque rien ressenti.

Au Havre, à 10 h. 43 m., une légère secousse de l'ouest à l'est pendant 5 secondes.

A Caen, à 10 h. 32 m., le bruit paraissait venir du sud-ouest; il a duré deux ou trois secondes et a été suivi de trois fortes secousses qui ont duré 5 ou 6 secondes. Ces secousses, accompagnées d'un soulèvement sensible, venaient du sud-ouest au nord-est. Elles ont été suivies d'un nouveau bruit pendant lequel on a remarqué une espèce de frémissement. Des ouvriers, dans une carrière profonde près de l'abbaye de Ste-Trinité, ont entendu un bruit effroyable, et pendant les secousses leurs chandelles s'éteignirent tout à coup. Des voûtes se fendirent, des cheminées furent renversées, ainsi que quelques maisons.

A Saint-Lo et à Falaise, les secousses furent encore plus fortes; elles furent senties en mer par des barques; mais les eaux de l'Orne ne furent pas agitées.

On remarqua une quatrième secousse à 11 heures, et une cinquième le 1er janvier, laquelle renversa une maison à Hérouville.

Le lendemain du tremblement, c'est-à-dire le 31, il échoua un énorme cétacé à la pointe de Ste-Marie-du-Mont. (G. F., 5, 8, 12, 19, 29 janv., 9 fév. et 27 mars 1776.)

1776. — 30 janvier, à Brest et à Landernau (Bretagne), secousse ondulatoire. (Cotte, *Journ. de phys.*, t. LXV, p. 251.)

— 14 avril, secousses dans le Poitou, à la Rochelle et à l'île d'Oléron. (Cotte, *Jour. de phys.*, ib.)

— 24 avril, à 1 heure du matin, à Perpignan, deux secousses. (G. F., 10 mai; Cotte, *ibid.;* Palassou, *Mém.*)

— 30 avril, nouvelles secousses en Poitou, à la Rochelle et à l'île d'Oléron. (Cotte, *ib.*)

Le même jour, tremblement à la Barthe de Neste, dans les Pyrénées. (Palassou, *Mém.*)

— 4 août, à Carcassonne, une forte secousse. (Cotte, *ibid.*)

— 28 novembre, à 3 h. 15 m. du matin, à Manheim, deux fortes secousses qui ont duré, l'une une minute et quelques secondes, et l'autre une minute, dans la direction du nord-ouest au sud-est. Les maisons s'écroulèrent, les cloches sonnèrent d'elles-mêmes.

A l'observatoire, on s'assura que les secousses avaient été verticales. Un fil à plomb de 10 pieds ne fut pas altéré; la boussole dont l'aiguille avait un pied de longueur, dévia de trois minutes. L'air était calme.

Le même jour, à 8 h. 10 m. du matin, à Calais et à Dunkerque, une forte secousse en deux reprises consécutives, dans un espace de 3 secondes. Direction du nord au sud. On l'a ressentie à Douvres. (G. F., 9 déc. et 27 janv. 1777.)

— 19 décembre, à Spire, une secousse. (Cotte, *ibid.*)

— 6 juin, secousses à Naples, le même jour, à Rouen. (V. H., d'après Cotte.) C'est Rome qu'il faut lire. Ce jour-là, les secousses s'étendirent de Rome à la Sicile, en ébranlant fortement Naples, la Pouille et les Calabres. (G. F., 14, 25 juill. et 11 août.)

— 15 août, à Béon (vallée d'Ossau, dans les Pyrénées), une très-forte secousse dans la direction de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest. Temps calme et couvert. (Palassou, *Mém.,* p. 266.)

1778. — 2 avril, à Manheim, une secousse. (V. H.)

— 7 juin, à 7 h. 53 m., à Pau, une forte secousse de quelques secondes; elle s'étendit dans le pays de Foix et même jusqu'à Bordeaux.

Le lendemain, à 3 heures du matin, deux secousses à Nay. (G. F., 22 juin; Palassou, *Mém.*, p. 266.)

— 18 juin, à 11 heures du matin, à Béon et sur plusieurs autres points de la vallée d'Ossau, dans les Pyrénées, une secousse. (Palassou, *Mém.*)

1778. — 21 septembre, à 1 heure du matin, à Peyrenère (vallée d'Aspe, dans les Pyrénées), choc très-fort qui paraît avoir été précédé de deux secousses violentes la veille, à 9 heures du soir, et de quelques faibles commotions, le 18. (Palassou, *Mém.*)

— 31 décembre, à la Conception, près de Domfront (Orne), tremblement de terre. (Cotte, *ibid.; Mém. de l'institut,* t. IV, p. 533.)

1779. — 14 juillet, tremblements de terre à Rouen et en Suède. (V. H.)

— 20 octobre, 9 heures du matin, à St-Girons (Pyrénées), bruit souterrain suivi d'une légère secousse. Trois quarts d'heure après, bruit plus intense, mugissement et choc plus violent du nord-ouest au sud-est. Ce choc ne dura qu'une seconde; des pierres se détachèrent des murailles. (Palassou, *Mém.*)

— 2 novembre, une secousse, à Vivonne en Poitou. (Cotte, *ibid.*)

— 5 décembre, tremblement à Bergen, entre Hanau et Francfort. (Cotte, *ibid.*)

— 22 décembre, vers 6 heures du soir, dans la vallée d'Ossau (Pyrénées), une secousse.

Le 28, aux mêmes lieux et principalement à Nay, une nouvelle secousse plus forte, du sud-ouest au nord-est. (Palassou, *Mém.*)

1780. — 20 janvier, minuit et demi, à Mont-Dauphin et Embrun, une secousse de deux secondes dirigée du midi au nord, avec bruit souterrain à Mont-Dauphin. (G. F., 18 fév.)

— 2 février, secousse à Averne en Nibousan? (V. H.)

— 26 et 27 février, deux tremblements de terre à Coblentz. (Cotte, *ibid.*)

1780. — 29 avril, secousses à la Rochelle et à Rochefort.

— 2 mai, secousses dans le Limousin, le Poitou, l'Aunis et la Bretagne. (Cotte, *ibid.*)

— 31 octobre, à 3 h. 1/2 du matin, à Dijon, plusieurs secousses assez fortes accompagnées d'un bruit pareil à celui d'un carrosse qui roule rapidement sur le pavé.

Elles furent violentes à Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne), où la direction était du sud au nord.

A Vaivre et à Vesoul, une secousse de quatre secondes par oscillation. Elle était accompagnée d'un bruit ondulant, au milieu duquel se fit entendre une explosion sourde et brusque. Direction de l'ouest à l'est. Une demi-heure après, une deuxième secousse a renversé des meubles. (G. F., 10 et 14 nov. et 1er déc.)

— 11 décembre, tremblement de terre à Haguenau, en Alsace. (Cotte, *ibid.*)

1781. — 16 avril, à St-Maurice-le-Girard (Poitou), une secousse. (Cotte, *ibid.*)

— 26 avril, plusieurs secousses à Arles en Provence. (Cotte, *ibid.*)

— 20 juin, au bailliage d'Orgelet (Franche-Comté), tremblement et inondation. (Cotte, *ibid.*)

1781. — 17 juillet, pendant les secousses qui ébranlèrent l'Italie, on en ressentit quelques-unes à Marseille. (V. H.)

— 25 septembre, secousse à Harderwyk dans le Zuiderzée. (Cotte, *ibid.*)

1782. — 5 avril, tremblement à la Rochelle. (Cotte, *ibid.*)

— 15 août, à 4 h. 1/4 du soir, à Grenoble, une violente secousse à oscillations de l'est à l'ouest. Les lustres étaient agités et les sonnettes en mouvement dans les étages supérieurs : le baromètre oscillait; des murs furent lézardés. (G. F., 30 août.)

— 15 septembre, à Oléron, une forte secousse dans le sens de la chaîne des Pyrénées, de l'Océan à la Méditerranée. (Palassou, *Mém.*)

— 9 décembre, à Vienne (Isère), une secousse.

Le même jour, la même chose eut lieu dans le Béarn. (Cotte, *ibid.*)

— 26 et 27 décembre, secousses à Oléron dans les Pyrénées. (Palassou, *Mém.*; Cotte, *ibid.*)

1783. — 10 janvier, à 4 h. 30 m. du matin, à Marseille, une secousse. (Cotte, *ibid.*)

— 6 mars, 11 heures du soir, dans l'Angoumois, une secousse de 2 secondes. (G. F., 1er avril.)

— 9 mars, chute d'une montagne à Ardes en Auvergne. (V. H.)

— 25 mars, à 3 heures du matin, à Malemort (Provence), deux secousses, à Sallon-de-Crau, à 3 lieues delà, le temps était pur, et cependant la *machine électrique ne donnait que de faibles étincelles.* Ces secousses ont été précédées d'un bruit éclatant et suivi d'un vent assez fort sans direction fixe pendant une heure. (G. F., 18 avril.)

— 5 avril, à Manheim, plusieurs secousses. (V. H.)

— 5 mai, à Grenoble, diverses secousses. (Cotte, *ibid.*)

— 6 juillet, à 9 h. 56 ou 57 m., à Dijon, balancement sensible en deux secousses suivies d'une légère trépidation. A Verdun, Seurre, St-Jean-de-Losne, l'horloge a sonné. La direction paraît avoir été du nord-nord-est au sud-sud-ouest. Quelques personnes ont cru le mouvement vertical et semblable à la compression de l'air réagissant d'un plancher sur l'autre, contre les fenêtres et les portes. Le bruit n'était ni souterrain, ni aérien, mais ambiant comme celui qu'aurait fait une charge de blé jetée brusquement sur le plancher.

La sérénité du ciel n'a pas été altérée; l'atmosphère a continué à être chaude, sèche et tranquille. Le baromètre à 27p 7l est descendu dans la soirée d'une demi-ligne. Le thermomètre à 14°,8, à 7 heures du matin, est monté à 20°,8 dans l'après-midi; il était monté les jours précédents à 22°,5. L'hygromètre marquait une grande sécheresse depuis quelques jours.

Il régnait depuis le 14 juin, un brouillard extraordinaire et singulier qui avait diminué dans les premiers jours du mois. Il n'a reparu que le 10, et seulement

pendant quelques instants au lever et au coucher du soleil. (Il s'agit ici du fameux brouillard qui a couvert toute l'Europe et une partie de l'Asie.)

L'ébranlement s'est étendu dans un espace circonscrit par une ligne qui irait de Langres à Châtillon, Aignay-le-Duc, Montbard, en enveloppant Semur, Vitteaux, Seaulieu, Arnay-le-Duc, Autun, Couches, Villefranche, traversant la Dombes et la Bresse en se portant au Rhône et remontant vers Besançon.

A 10 h. 1/4 du matin, on ressentit deux secousses à Lausanne, et trois à Salins ainsi qu'à Bourg. (*Mém. de l'acad. de Dijon*, an 1783, p. 26; *Mém. de la société de Lausanne*, an 1783, p. 120; G. F., 22 juill.; *Journal de Paris*, 22 oct. 1784.)

1783. — 7 septembre, à la Rochelle et dans les environs, une légère secousse avec bruit souterrain. (G. F., 30 septembre.)

— 9 décembre, à 4 heures du matin, à Cambray (Nord), grand bruit pareil à celui de plusieurs coups de canon tirés promptement, mais successivement; un quart d'heure après, pareil bruit, mais moins fort; on a cru à un tremblement de terre puisqu'il y a eu secousse. (G. F., 19 déc.)

1784. — 17 janvier, sur les 9 heures du soir, à la Rochelle, vent impétueux; sur les 6 heures du soir et sur les 9 heures, une secousse de tremblement de terre accompagnée d'éclairs, de tonnerre et de grêle; suivirent les désastres d'un ouragan. Quelques personnes ont nié la secousse. (M. F., 14 fév., 20 mars; *Journal de Paris*, 4 fév.)

— 20 avril, à Briançon, une secousse. (V. H.)

— 5 juin, entre midi et 1 heure, à Caub-sur-le-Rhin, une secousse qui se répéta à 6 heures du soir. On les ressentit à Guttenfels et dans le Palatinat. Elles furent suivies d'un ouragan sur le Rhin. (V. H.)

— 10 juillet, à Bagnères de Luchon, plusieurs secousses. (Palassou, *Mém.*)

— 10 août, à 11 h. 10 m. du matin, dans les Pyrénées, à Ste-Marie, dans le pays de Soule, à Camon et Ogen, une secousse qui fit peu de mal. Elle eut lieu dans le sens de la chaîne. On ne ressentit rien du côté de Bétharram et de Lourde.

Le 23, à Betponey, près Baréges, une légère secousse.

Le 26, à Ste-Marie et Oléron (Pyrénées), secousse légère.

Le 27, à Viel (à un quart de lieue de Baréges), des ouvriers travaillant aux prés éprouvèrent une légère secousse entre 9 et 10 heures du matin. (Palassou, *Mém.*)

— 5 septembre, à Grenoble, une secousse. Le même jour, à Rheinfels, deux secousses avec une forte explosion comme d'un coup de canon. (V. H.; M. F., 20 octob.)

— 15 octobre, à midi 3 ou 4 m., à Dijon, secousse assez faible. Le baromètre était à 28^p^,2^l^ et le thermomètre à 7° R. Le ciel conserva sa sérénité, mais, le lendemain, le vent tourna au sud, des pluies considérables suivirent pendant plusieurs

jours et la température fut variable et humide pendant un mois, jusqu'au 10 novembre. Il neiga les 26, 27 et 28 octobre.

La secousse fut sensible à Tournus, Châlon, Autun, Charolles, Besançon, Lons-le-Saulnier, Genève et Valence.

L'oscillation paraît avoir été du sud-est au nord-ouest.

Deux paysans occupés à abattre les fruits d'un châtaignier, au pont de Beauvoisin, furent précipités à terre.

A Grenoble, la secousse fut violente et de l'est à l'ouest. Elle a été plus forte encore dans la vallée de Graisivaudan, jusqu'à Chambéry et à Aix, en Savoie.

A Bourg, la secousse violente fut accompagnée d'un bruit sourd semblable à celui d'un coup de vent, quoique l'atmosphère fût tranquille. (*Mém. de l'acad. de Dijon*, an 1784, p. 65; G. F., 2 nov.; M. F., 6 nov.; *Journal de Paris*, 28 oct.)

1784. — 9 novembre, à Briançon, une secousse. (Cotte, *ibid.*)

— 12 novembre, dans l'évêché de Spire, secousses violentes; une haute muraille, de 7 pieds d'épaisseur, s'écroula au château de Kropsberg. (M. F., 18 déc.)

— 29 novembre, à 10 heures du soir, à Bourlemont, à une demi-lieue de Neufchâteau (Vosges), une secousse violente de 1 minute; on l'a sentie à Clefmont (Haute-Marne.)

A 10 h. 10 m., à Strasbourg et surtout dans la partie méridionale de l'Alsace, plusieurs secousses. On en ressentit en Dauphiné, en Savoie, en Allemagne, sur un espace de 150 lieues. A Genève, à Bâle et dans le canton de Vaud.

L'abaissement du baromètre, au-dessous de l'orage, a été remarqué dans plusieurs localités, même là, comme à Paris, où les secousses n'ont pas été éprouvées. (*Mém. de l'acad. de Dijon*, an 1789, p. 79; M. F., 18 décembre et 1er janvier 1785.)

— 3 décembre, sur les 4 heures du soir, dans la vallée de Graisivaudan, sur la route de Grenoble à Chambéry, et dans les montagnes qui séparent cette vallée de la Maurienne, plusieurs secousses précédées d'un bruit souterrain. Direction du nord-est au sud-est.

Même phénomène à Barreaux et Allevard. (M. F., 25 déc.; *Mém. de l'acad. de Dijon*, an 1784, p. 79.)

— 5 décembre, à 11 h. 1/4 du soir, à Neufchâteau, Rouceux, Noncourt, Bourlemont (Vosges), une violente secousse. Il faisait un vent terrible depuis 36 heures. Une maison a été renversée. (*Journal de Paris*, 24 déc.)

— 9 décembre, à Briançon (Hautes-Alpes), une assez forte secousse avec bruit sourd. Depuis quelques jours, on avait aperçu des vapeurs enflammées s'élever des terrains qui recèlent des mines de charbon. (M. F., 8 janvier 1785; *Mém. de l'acad. de Dijon*, an 1784, p. 79.)

C'est le même probablement que celui cité à la date du 9 novembre.

1785. — 2 avril, à 4 h. 20 m. du matin, à Nordenstadt, près de Darmstadt, une forte secousse. On l'a ressentie à Mayence et surtout à Schelestadt. (M. F., 30 avril et 7 mai.)

— 29 avril, à 11 heures du matin, à Mont-Dauphin, deux secousses consécutives de cinq à six secondes. Il paraît qu'on en avait ressenti une première le 21. (M. F., 4 juin; V. H.)

— 6 septembre, à 4 h. 3/4, à la Rochelle, fort ras de marée. La mer monta subitement de 18 pouces, puis inonda le môle. A 5 h. 1/4, les eaux décroissaient avec une vitesse prodigieuse, bien que ce jour-là une marée extraordinairement forte n'eût dû avoir lieu qu'à 6 h. 6 m.

A 5 heures, le baromètre était parvenu à $28^p\ 3^l,0$; quelques instants après, il n'était plus qu'à $27^p\ 9^l,5$. Bientôt il remonta à $28^p\ 1^l,0$ et un moment après, on le retrouva à $27^p\ 9^l,5$.

La nuit suivante, tempête terrible à Plymouth. (*Éphémér. de Manheim*, an 1785, p. 723 et 724.)

— Nuit du 11 au 12 septembre, à Grenoble, plusieurs secousses du nord au sud. A Briançon, deux secousses en deux minutes, avec bruit souterrain, mais sans dommage. Elles furent plus fortes à Suze en Piémont, où deux maisons furent renversées.

L'atmosphère était extraordinairement chaude et remplie de vapeurs. C'était le troisième tremblement de terre de cette année à Briançon. (M. F., 1er et 8 oct.; V. H.)

— 5 octobre, dans une prairie de Grange-Sèche et Vandeurs (Seine et Oise), affaissement de terre de 24 pieds de diamètre et d'autant de profondeur. Les puits de Grange-Sèche éprouvèrent un excédant d'eau de 15 pieds, ceux de Vandeurs, un effet contraire. (M. F., 10 déc.; G. F., 11 mars 1786.)

— 10 ou 18 décembre, à Clermont et Riom (Auvergne), une forte secousse. (V. H.)

1786. — 10 mars, secousses dans le Palatinat. Elles s'étendirent depuis Noïlas jusqu'à Lobienstein. (G. F., 7 avril; *Éphém. de Manheim,* an 1786, p. 570; V. H.)

— 28 mars, à Bonn et aux environs, plusieurs secousses. (G. F., 21 avril.)

Von Hoff, d'après Cotte, cite deux secousses sous la date du 24, à 10 et 11 heures du soir, mais ne parle pas de celles du 28.

— 22 avril, à 8 h. 1/2, 10 et 11 heures quelques minutes du soir, à Bonn et sur les bords du Rhin, plusieurs secousses. (G. F., 16 mai.)

— 10 juillet, à St-Goar sur le Rhin, une secousse. (Cotte, *ibid.*)

1786. — 24 juillet, à midi 8 minutes, à Bonn, secousse de deux secondes. Air calme et pur. (Cotte, *ibid.*)

— 18 novembre, à 10 h. 20 m. du matin, à la Rochelle, légère secousse. (*Éphém. de Manheim*, an 1782, p. 362.)

20 novembre, entre 3 et 4 heures du matin, à Bâle, deux légères secousses. (V. H.)

— 2 décembre, à Aix en Provence, une secousse. (Cotte, *ibid.*)

1787. — 24 mars, à Radstadt, Forstau, Flachau et St-Martin, dans les Alpes de Salsbourg, tremblement entre 7 et 8 heures du soir. (V. H.)

S'agit-il de Radstadt, près de Bade?

— 27 août, 0 h. 45 m. après minuit, à Stuttgardt, deux secousses chacune de 7 à 8 secondes. On les a senties à Augsbourg plus fortement. A Inspruck, on a remarqué que leur direction était du sud-ouest au nord-est. A Munich, il y a eu aussi deux secousses distinctes. L'aiguille magnétique a rétrogradé de 12 minutes à l'est. Pluie continuelle tout le jour.

On ressentit une seule secousse à Bâle; on en avait éprouvé une à Peissenberg, le 26, à 1 heure du matin. (G. F., 18 et 25 septembre, *Éphémér. de Manheim*, an 1787, p. 202, 237 et 266; V. H.)

— 3 et 4 novembre, tremblement de terre sur le Mein et le Necker. A Grafenhausen (Forêt Noire), on compta sept secousses de 8 heures du soir au lendemain 4, à 8 heures du matin. A Heidelberg, Manheim, Darmstadt, Francfort et Hanau, deux secousses à 5 et 6 heures du matin. A Manheim, la direction des secousses fut celle du vent, c'est-à-dire, du nord-nord-ouest au sud-sud-est. (G. F., 20 novembre, *Éphémér. de Manheim*, an 1787, p. 12; V. H.)

1788. — 2 mars, à Genève, deux légères secousses. (Journal Mss. de G. Ant. Deluc; *l'Institut*, 29 septembre 1842.)

— 30 mars, secousse à Bâle; le 31, à Genève. (V. H.; *Éphémér. de Manheim*, an 1788, p. 326.)

— Mi-juin, à Pionsat (Auvergne), plusieurs secousses. (M. F., 2 août.)

— 17 juillet, à Munzingen dans le duché de Bade, les eaux s'élevèrent à une hauteur extraordinaire, ainsi qu'on l'avait déjà rémarqué lors du fameux tremblement de terre de Lisbonne. (V. H.)

— 12 août, dans la forêt de Hundsrück (entre Rhin et Moselle), une forte secousse. (V. H.)

— 29 octobre, vers les 11 heures du soir, à Darmstadt, une forte commotion souterraine du sud au nord. (G. F., 18 novembre.)

— 9 novembre, dans le pays de Darmstadt, une secousse. (V. H.)

— 25 décembre, à 2 heures du matin, à Mayence et Francfort, une secousse.

Un peu avant 7 heures du soir une secousse nouvelle. (V. H.; G. F., 20 janvier 1789.)

1789. — 18 janvier, à 3 heures de soir, à Mayence. Epstein, Solms-Laubach, plusieurs secousses, ressenties aussi à Francfort, Cologne, Erfurt et Giessen. Elles se renouvelèrent le 20, avant midi. (V. H.; G. F., 10 février.)

— 10 juin, à 9 heures du matin, à Baréges (Pyrénées), une secousse avec bruit sourd.

Le 17, à 9 heures ½ du matin, nouvelle secousse avec bruit souterrain. (Palassou, *Mém.*)

— 15 juin, à 8 h. 58 m. du soir, à Manheim, deux secousses qui se sont suivies rapidement dans la direction du nord-est au sud-ouest.

Le 16, entre 11 et 12 heures (du soir ou du matin?), à Manheim et à Oggersheim, une nouvelle secousse. (V. H. et G. F., 3 juillet.)

— 28 octobre, vers 6 heures du matin, dans la Forêt Noire, à Bernek, quelques secousses précédées d'un éclair. (V. H.)

1790. — 2 janvier, à midi, à Théis, dans les montagnes à 4 lieues de Grenoble, une violente secousse. (G. F., 26 janv.)

— Nuit du 5 au 6 mars, à Griesheim, principauté de Darmstadt, trois fortes secousses à 8, 11 heures du soir et 4 heures du matin. La dernière fut la plus violente. (G. F., 2 avril.)

— 4 juillet, secousse à Bâle. (V. H.)

1791. — 24 janvier, à 8 heures ½ du soir, à Darmstadt, une légère secousse suivie d'une autre, le lendemain, à 4 heures du matin. (V. H.)

— 17 mai, à 11 h. 34 m. du matin, à Dijon, dans l'espace d'environ trois secondes, deux secousses bien distinctes, qui ressemblaient à l'effet d'une explosion; la lampe d'un escalier a paru osciller de l'est à l'ouest. (Lettre de Guyton Morveau à Lalande; M. U., 23 mai; G. F., 31 mai.)

— 8 juillet, à 3 heures du matin, secousses dans les Pyrénées, principalement du côté de Sainte-Marie. Dans le village d'Escot, il y eut quatre secousses dirigées de l'ouest à l'est. (Palassou, *Mém.*, p. 269.)

— 29 août, à Lyon, une secousse. (Cotte, *Ibid.*)

— 27 septembre, à 9 heures du soir, dans l'île de Jersey, une double secousse avec bruit souterrain semblable à celui des voitures. Depuis quelques semaines on remarquait une chaleur et une sécheresse extraordinaires. (V. H.)

1792. — 9 mars, secousse à Bâle. (V. H.)

21 mai, à Sandvort en Hollande, la mer s'éleva si haut que les personnes les plus âgées n'avaient aucun souvenir de pareil phénomène; dans l'espace de quelques secondes, elle retomba. (V. H.)

1793. — 12 décembre, dans la Hesse-Darmstadt, une secousse accompagnée d'un grand bruit. (V. H.)

1795. — 23 septembre, à Ober-Cassel, non loin de Bonn, une secousse. (V. H.)

1796. — 20 avril, une secousse à Bâle. (V. H.)

1797. — 8 septembre, à Ille (Pyrénées orientales), une forte secousse. (Palassou, *Mém.*, p. 270.)

— 12 novembre, à Rouen, une secousse. (Cotte, *ib.*)

1798. — 31 janvier (11 pluviôse), à Parthenay-le-Peuple, une très-faible secousse. (M. U., 27 pluviôse an VI.)

— 14 mars, vers 10 heures du matin, à Sarreguemines, Bliastel et autres communes du département de la Meurthe, une secousse très-violente; elle a été si forte à Bitche, qu'elle a soulevé une partie de la voûte du pont. La circonférence dans laquelle elle a eu lieu renferme plusieurs mines de houille, dont une, pareille à la Solfatare de Naples, brûle continuellement.

Quelques jours auparavant, un météore enflammé s'est élevé de terre entre Sey et Véron, à trois lieues de Metz, et a disparu avec une forte détonation. (M. U., 8 germinal an VI.)

— 11 août (24 thermidor) sur les 3 heures du soir, à Rivesaltes et Collioure, secousse si violente qu'elle fit rouler d'un quart de mètre les pièces de leurs affûts.

Le 13, sur les 10 h. 3/4 du soir, nouvelle secousse qui a renversé des personnes assises. Plus forte encore à Larroque, à deux myriamètres de Perpignan. Elle a duré une minute. Ces secousses ont été surtout violentes sur les bords de la Méditerranée, de Collioure à St-Laurent de Sallongue, où quelques personnes assurent en avoir ressenti une troisième, le 15, vers les 9 heures du matin. (M. U., 10 fructidor an VI.)

Palassou les rapporte à l'année 1797.

— 7 novembre, entre 1 et 1 1/2 h. du matin, à Bordeaux, violent coup de vent et commotions assez semblables à un tremblement de terre. Dans les campagnes voisines, des murs neufs se sont écroulés. (M. U., 27 brumaire an VII.)

— 17 décembre, la mer a franchi rapidement ses bornes et est venue jusqu'à Aigues-Mortes, à 5 kilomètres. (M. U., 10 et 12 nivôse an VII.)

On ne parle pas de tremblement de terre, mais il y a eu sans doute un ras de marée que je crois devoir enregistrer. N'est-ce pas, comme l'appellent les Italiens, un *terre moto di mare?*

1799. — 25 janvier, avant 4 heures du matin, à Caen, quelques secousses qui ont paru du nord au sud. A 3 h. 3/4, tremblement assez vif à Laval.

Vers 4 heures du matin, à Nantes, une forte secousse de plus d'une minute, accompagnée d'un bruit lointain.

A 4 h. 1/4, secousse de 25 secondes, à la Flèche.

A Bordeaux, secousse de plus d'une minute de l'ouest à l'est.

A Machecoul, il plut aussitôt après les secousses, et il tonna tout le jour. Beaucoup de maisons furent renversées. La rivière se gonfla prodigieusement. Il y eut encore quelques secousses dans le reste de la journée, dont la plus forte, après celle de 4 heures, eut lieu à 9 heures du matin.

A l'île Bouin (Vendée), où beaucoup de maisons furent renversées, la direction du mouvement paraissait parcourir une zone du sud-ouest au nord-est avec bruit épouvantable.

A l'île d'Oléron, à 4 heures précises, deux secousses du sud-ouest au nord-est.

On a ressenti ce tremblement à Jersey, à Rouen et sur toute la côte ouest de France. On a même prétendu l'avoir ressenti à Paris. (*Journal de physique,* t. XLVIII, p. 181; M. U., 11, 14, 17, 19 pluviôse, 4 et 13 ventôse an VII).

Von Hoff cite encore la Rochelle, Rochefort, Rennes, Angers et même Auxerre.

1799. — 5 février, à midi, à Nantes, nouvelle secousse très-faible avec bruit sans ondulation, qu'on ne peut guère comparer qu'à un long mugissement ou au roulement d'une voiture.

Le 6, à 2 h. 10 m. du soir, même bruit, mais un peu plus fort, avec une secousse plus sensible. (M. U., 27 pluviôse an VII.)

— 19 février, sur les 4 heures du soir, à Avignon, deux secousses violentes; maisons renversées. (M. U., 13 ventôse an VII.)

— Nuit du 21 au 22 février, à Dusseldorf, pendant un ouragan épouvantable, quelques personnes bien éveillées ont cru avoir ressenti des secousses de tremblement de terre; on en a ressenti à Francfort-sur-Mein et à Giessen. (V. H.; M. U., 27 ventôse an VII.)

1800. — 1er avril, tremblement à Port-Rieuc, département des Côtes du Nord. (V. H.)

— Commencement d'août, une petite montagne, à 2 lieues de Vitré (Ille et Vilaine), jette beaucoup de fumée. (M. U., 22 thermidor an VIII.)

— 17 octobre, à 3 h. 1/2 du matin, aux Eaux-Chaudes et dans quelques autres lieux de la vallée d'Ossau (Pyrénées), deux secousses dans l'intervalle de quelques minutes.

Nouvelles secousses le lendemain avec bruit souterrain. (Palassou, *Mém.*)

— 9 novembre (18 brumaire), à Bruxelles, deux secousses de tremblement de terre ressenties pendant un ouragan qui, de 5 heures du matin à 6 heures du

soir, a ravagé la côte de France, depuis le Havre jusqu'au nord de la Hollande. (M. U., 25 brumaire an IX.)

1800 et 1801. — Dans le cours de ces deux années on a ressenti plusieurs secousses à Châteauroux, dans le département de l'Indre. (*France pittoresque*, t. II, p. 92.)

1801. — Nuit du 10 au 11 septembre, à Neuf-Brisach et Colmar, une secousse du nord au sud. (V. H.; M. U., 5e complément, an IX.)

1802. — 2 janvier, à 6 h. 45 m. du matin, à Strasbourg, tremblement du nord au sud. Inondations presque universelles depuis un mois. (M. U., 20 nivôse an X.)

— 17 janvier, à 9 h. 15 m. du matin, à Caumont (Calvados), une secousse de 4 à 5 secondes. (V. H.)

— 23 janvier, le soir, à Strasbourg, une secousse. (V. H.)

— 12 mai, à 11 heures du matin, à Genève et à Berne, secousse assez forte pour ébranler les meubles dans les chambres, particulièrement au troisième étage. Un vieillard et une jeune femme tombèrent au même instant sur une terrasse, et la cloche de la maison de ville donna des sons. On la ressentit dans la haute Italie. (V. H.; J. D., 4 prairial an X.)

— 15 mai, à 7 heures du matin, dans le pays de Darmstadt, violente secousse de 15 à 20 secondes. (J. D., 17 prairial an X.)

— 8 ou 11 juillet, à 9 h. 53 m. du soir, à Strasbourg, une secousse assez violente. (J. D., 25 messidor, et M. U., 28 messidor an X.)

— 7 août, à 2 heures après midi, à Caylus (Lot), violente secousse d'environ 2 minutes. Le même jour on avait entendu une forte détonation à Cahors et dans un circuit de 40 lieues. Le coup avait été précédé d'une flamme dirigée de l'ouest à l'est, par un vent du sud, pendant 4 ou 5 minutes. Le moulin d'Arcombal avait été détruit. (J. D., 30 messidor et 2 fructidor; M. U., 30 messidor an X.)

— 17 août, vers 8 heures du matin, à Ogenne (canton de Navarreux), à Sauveterre et dans quelques localités situées au pied nord des Pyrénées occidentales, une légère secousse. (Palassou, *Mém.*)

Le même jour, à 8 heures du soir, à la Rochelle, légère secousse avec bruit souterrain. (J. D., 10 fruct., et M. U., 12 fruct. an X.)

— 11 septembre, à 7 h. 30 et quelques minutes du matin, à Strasbourg, secousse assez forte, dirigée du sud-ouest au nord-est.

Le 12, à 6 h. 36 m. du matin, une nouvelle secousse, et une heure après, une autre plus forte. Un violent vent du sud accompagnait le phénomène.

Le 13, quatre nouvelles secousses, dont la première a duré plus d'une minute.

Le 14, à 2 heures de la nuit, nouvelle secousse assez faible, et à 7 h. 4 m., commotion violente avec bruit souterrain.

Le 15, un peu avant minuit, quelques secousses encore. Direction constante du nord au sud. Dans les maisons on a ressenti celle du 12, du haut en bas, comme la chute d'un poids qui tombe avec violence et remue la maison. (J. D., 30 fruct., 2e et 3e compl., an X; 1er et 2 vend. an XI; M. U., 2e compl., an X et 3 vend. an XI.)

1802. — 1er octobre, entre 9 et 10 heures du soir, à Beauvais, légère secousse : en même temps, on vit un globe de feu qui suivait la direction de l'est à l'ouest, et disparut après une détonation assez forte et en répandant une odeur de soufre qui dura longtemps. (J. D., 15 vendém. an XI.)

— 23 octobre, à 7 h. 30 m. du matin, à Strasbourg, nouvelle secousse.

Le 24, nouvelle secousse encore, assez forte. (J. D., 7 et 13 brum.; M. U., 11 brum. et 3 frim. an XI.)

— 8 novembre, à 11 h. 30 m. du soir, à Strasbourg, nouvelle secousse. C'est la plus forte de toutes. On la ressentit à Weissembourg. (J. D., 23, 24 brum., 1er frim. ; M. U., 24 brum., 3 frim., an XI.)

— 27 novembre, à 1 heure du matin, à Autun (Saône et Loire), plusieurs secousses précédées d'un bruit sourd qui suivait la direction de l'est à l'ouest, et semblait annoncer un ouragan des plus violents, quoique le temps n'y fût pas disposé.

Ce tremblement a été ressenti dans le département de la Côte-d'Or, à Arnay. (J. D., 10 et 19 frim. an XI.)

— 18 décembre, à Rotterdam et autres lieux des Pays-Bas, plusieurs secousses. (V. H.)

— 20 décembre, à Elbeuf (Seine-Inférieure), secousse de huit secondes. Le même jour, fort ouragan. (J. D., 6 niv. an XI.)

— Nuit du 23 au 24 décembre, à Mayence, une légère secousse. (V. H.)

— 31 décembre, à 11 heures du matin, à Sisteron (Basses-Alpes), secousse assez forte qui s'est renouvelée à 2 heures du soir. L'air était calme, le ciel couvert, le vent au midi; le baromètre avait été très-agité dans la matinée. Le soleil à son lever était d'un rouge ardent. (J. D., 19 niv. an XI.)

1803. — 2 février, entre 11 heures et minuit, à Marseille, secousse assez forte; des cheminées sont tombées. (J. D., 24 pluv. an XI.)

— 25 avril, à Niort et dans le département des Deux-Sèvres, léger tremblement. (J. D., 15 prair. an XI.)

— 16 août, à Riom en Auvergne, plusieurs secousses. (V. H.)

— 8 octobre, entre 6 et 7 heures du soir, à Gordes (Vaucluse), quelques personnes ont cru avoir éprouvé un tremblement de terre.

Chute d'un aérolithe à Apt, le même jour entre 10 et 11 heures du matin. (M. U., 2 frim. an XII.)

— 13 décembre, le long des bords de la Meuse, principalement à Vlardingen,

Rotterdam et Schiedam, légère oscillation de secousses souterraines. En mer, on remarqua le mouvement des eaux. (V. H.)

1803. — 28 décembre, ouragan épouvantable à Paris, Rouen et jusqu'à Nantes, où l'on a cru avoir ressenti quelques secousses de tremblement de terre. On a cru la même chose à Angers, à 7 heures du matin. (J. D., 10 et 12 niv.; M. U., 11 et 13 niv. an XII.)

1804. — 13 janvier, pendant l'office du soir. A Rotterdam et aux environs une secousse; plus forte à La Haye et à Bois-le-Duc. Des vaisseaux l'ont ressentie en mer. (J. D., 1er pluv ; M. U., 3 et 5 pluv. an XII.)

Le même jour, entre 5 et 6 heures du soir, tremblement à Malaga et Aranjuez. Ce n'est pas la seule coïncidence de ce genre.

— Février, à Saint-Servan (Morbihan?), plusieurs secousses. (V. H.)

— Nuit du 3 au 4 mars, à la Flotte (Charente-Inférieure), légère secousse avec bruit souterrain assez fort. Direction du sud-est au nord-ouest.

On en a ressenti dans les Alpes et dans divers lieux de l'Europe et de l'Afrique. (J. D., 28 vent. an XII.)

— 16 août, secousses en Auvergne; puis le 25, à Clermont-Ferrand. (V. H.)

— 25 août, pendant les secousses qui ébranlaient le royaume de Grenade, on en ressentit dans les Pays-Bas, nommément à Schiedam, le 25 août, à 10 heures du matin et à midi. Le même jour, à Clermont-Ferrand. (V. H.)

— 25 septembre, à 4 heures du matin, à Saint-Malo (Ille et Vilaine), forte secousse avec bruit pareil à celui d'une voiture qui roule sur un pont de bois; à 5 h. 15 m., seconde secousse moins forte. Mouvement du nord-est au sud-ouest pendant dix à douze secondes. Des personnes se sont trouvées mal; des chiens ont aboyé.

Au rocher de Cancale, à Grandville, Dinan, Saint-Servan et autres lieux de la côte, la durée a été de 45 secondes à peu près, et la direction de l'est à l'ouest. Des marins ont assuré que les détonations de chaque secousse avaient surpassé celles qu'on entend aux Indes.

Le même jour, tempête terrible dans la mer du Nord. (J. D., 8 et 9 vendémiaire; M. U., 9 et 10 vendémiaire, 5 brumaire an XIII.)

— 25 octobre, à Saint-Malo et dans plusieurs points des côtes ainsi qu'à l'île de Jersey, nouvelles secousses. (V. H.)?

1805.—11 février, à 10 h. 45 m. du matin, à Vitré (Ille et Vilaine), bruit extraordinaire pendant cinq à six secondes, terminé par une forte explosion qui causa un ébranlement général. On sentit des secousses dans les endroits où il régnait un grand silence. (J. D., 4 ventôse; M. U., 5 ventôse an XIII.)

— 9 mai, à Strasbourg, Bischweiler et Haguenau, une légère secousse. (V. H.)

Le 16, à 9 heures du soir, à Bischweiler, Haguenau et lieux voisins, nouvelle secousse dans la direction de la Moselle. (V. H.)

1805. — 18 août, à 6 et 7 heures 15 minutes du matin, à l'île d'Oléron, deux secousses. (J. D., 4e et 5e compl., an XIII.)

1806. — 20 janvier, à minuit 15 minutes, à Orgon (Bouches-du-Rhône), deux secousses pendant vingt secondes, avec bruit sourd semblable à un coup de canon à chaque commotion, dont la première a été beaucoup plus violente que la deuxième. (J. D., 20 fév.)

— Nuit du 23 au 24 janvier, à Poitiers, deux secousses très-fortes, la deuxième un peu moins; toutes deux avec bruit sourd et prolongé : direction commune du sud au nord. (J. D. et M. U., 13 fév.).

— A la fin de l'année 1806, à Blesle et Ardes (Haute-Loire), légère secousse. (M. U., 19 fév. 1808.)

1807. — Nuit du 14 au 15 janvier, à Pau (Basses-Pyrénées), trois secousses assez fortes.

Le 15, à Bayonne et dans les environs, secousse du sud-ouest au nord-est. A Sarrance, cinq secousses. (J. D., 25 et 31 janv.; M. U., 31 janv., 5 et 19 fév.)

— Février. A Cahors (Lot), secousse peu sensible du sud-est. (Delpon, *Statistique du Lot,* tom. I, p. 108.)

N'est-ce pas celle de 1808?

— 30 mars, à 11 h. 13 m. du matin. Dans la partie septentrionale du Puy-de-Dôme, forte secousse précédée d'un bruit sur une surface d'environ quatre myriamètres de longueur. Quelques vieilles masures sont tombées, des pendules se sont arrêtées. (J. D., 30 avril; M. U, 1er mai.)

— 11 septembre, à 8 h. 30 m. du soir, à Neuwied (sur le Rhin), violente secousse horizontale et dans la direction du sud-ouest au nord-ouest? Les maisons situées au nord d'une rue ne la sentirent presque pas, les maisons de l'autre côté furent fortement ébranlées. Bruit semblable à celui d'une voiture qui roule avec vitesse sur le pavé. Agitation sur le Rhin; les poissons sautaient hors de l'eau.

A minuit, deuxième secousse, et à 3 heures, troisième secousse moins violente que la première. Le temps était calme (J. D., 27 sept.; M. U., 28 sept. et 9 oct.)

— 22 décembre, à 3 heures du matin, à Dusseldorf et dans les environs, deux secousses précédées d'un bruit semblable à celui qu'occasionneraient un grand nombre de voitures roulant sur le pavé. Temps calme et nébuleux. (J. D. et M. U., 1er janv. 1808.)

1808. — 8 février, à 4 heures $1/2$ du matin, à Brioude (Haute-Loire), une première secousse du nord au sud, avec une commotion dans l'air comme celle que

cause un coup de canon. Plusieurs personnes en ont éprouvé un violent mal de tête. Quelques minutes après, une deuxième secousse moins forte.

A Cahors, elle a eu lieu à 4 h. 45 m.; elle a été assez forte et a duré deux ou trois secondes. On l'a ressentie à Nîmes, à Montpellier et à Saumur. Elle a été légère à Blesle et Ardes, localités où il y en avait déjà eu une 15 mois auparavant. (J. D., 16, 19, 20 et 21 fév.; M. U., 19 fév.; *Travaux de l'acad. du Gard*, an 1808, p. 180.)

1808. — 4 mars, à 5 h. 20 m. du soir, à l'île Dieu, violente secousse pendant 14 secondes. Deux énormes rochers sont tombés à la mer. (J. D. et M. U., 28 et 29 mars.)

— 27 mars, à 5 h. 15 m. du matin, à Strasbourg, violente secousse. Il faisait un grand vent. (M. U., 1er avril; J. D., 2 avril.)

— 2 avril, à 5 h. 30 m. du soir, à Grenoble, secousse de quarante secondes. Elle a fait sonner une sonnette attachée au mur de la bibliothèque publique : les sons en ont été deux fois très-distincts et très-forts. Direction du nord au sud.

A Marseille la direction a été de l'est à l'ouest.

A Gap, la durée a été de 90 secondes et la direction du sud-sud-ouest au nord-nord-est.

A Lyon, on a compté plusieurs secousses : une seule à Mâcon et à Montbrison.

Mais c'est surtout dans les vallées du Pélis, du Cluson et du Pô qu'elles ont été remarquables. Elles y ont eu lieu *chaque jour* jusqu'au 18 mai inclusivement.

En France, on ne cite guère que les secousses du 16 avril, lesquelles se sont renouvelées aux mêmes lieux que celles du 2, et encore avec moins de violence. Elles se sont étendues jusqu'à Antibes. (J. D. et M. U., nos du 9 au 30, et premiers jours de mai; H.; Vassali Eundi, *Rapport sur les tremb. de terre de ce jour; Correspondance vaudoise, ou recueil de lettres sur le même sujet, etc.; Journal des Mines.*)

— Nuit du 20 au 21 décembre. A Marche (Sambre et Meuse), une secousse de 2 ou 3 secondes. (J. D., 4 janv. 1809.)

1809. — 30 janvier, la nuit, à Courtray, une légère secousse pendant un ouragan terrible. (M. U., 5 fév.)

— 15 février, à Grenoble, une secousse. (J. D., 20 fév.)

— 2 juillet, à 2 h. 30 m. et 3 h. 30 m. du matin, à Dusseldorf et dans les environs, deux secousses avec bruit pareil à celui des voitures.

Le même jour, légère secousse à Suze. (J. D., 9 et 11 juillet.)

1810. — 16 mars, à Langres (Haute-Marne), secousse dirigée du nord au sud. On l'a ressentie à Is-sur-Thil, dans le département de la Côte d'Or. (J. D., 23 mars et 17 avril; H.)

Le même jour, secousses à Malte.

1810. — 31 août, à 7 h. 58 m. du matin, à Saumur, forte secousse accompagnée d'un bruit souterrain pareil à celui d'une grosse voiture chargée se mouvant rapidement. En Vendée, elle a duré 3 ou 4 secondes.

Le même jour, météores remarquables. (J. D., 8, 14 et 15 septembre.)

— 7 septembre, à 7 h. 45 m. du matin, à la Rochelle, secousse du sud au nord.

Le 10, à 7 heures du matin, à Brest, forte secousse avec bruit pareil à celui d'une grosse voiture; seconde secousse dans la nuit. (J. D., 16 et 18 sept.)

1812. — 14 février, à 10 h. 45 m. du matin; puis le 15, à 2 h. 30 m. et 8 h. 30 m. du matin, à Mirabel (Drôme), trois secousses. La dernière, la plus forte, a détaché quelques pierres d'un rocher. (J. D., 25 mars.)

— 20 mars, à minuit, à Beaumont (Vaucluse), plusieurs secousses ont causé des dommages pour lesquels Napoléon accorda douze mille francs par un décret daté de Wilna, le 2 juillet. (J. D., 4 août.)

Le 19, à minuit et demi, on en avait ressenti à Marseille. (*Statistique des Bouches-du-Rhône.* Communication de M. Aug. Bravais.)

— 2 mai, à 11 heures du matin, à Nantes et dans une grande partie du département de la Loire-Inférieure, secousse de 2 secondes, qui a renversé des cheminées et quelques pans de mur. (M. U., 14 mai; J. D., 15 mai.)

— 13 mai, entre 1 et 2 heures du matin, à Zulpich, près de Cologne, deux secousses qui ont renversé quelques vieux murs et des meubles. Elles se sont suivies à une minute d'intervalle; la première, la plus forte, a duré 2 secondes. Ce tremblement ne s'est étendu que dans un rayon de 2 lieues. (J. D. et M. U., 28 mai.)

— 23 juin, à Marseille, la mer se retira, laissa le port à sec, revint ensuite avec une extrême violence et inonda les quais. Le phénomène se répéta plusieurs fois. On a cru à un tremblement de terre. (M. V., 13 juill.)

— 18 novembre, à 7 h. 15 m. du matin, à Bonu (Rhin et Moselle), une secousse de 2 ou 3 secondes; à 7 h. 30 m., deux secousses dans le voisinage des Sept-Montagnes (près de Dusseldorf). Quelques personnes à cheval ont été renversées. (J. D., 25 nov. et 1er déc.; M. U., 28 nov.)

1813. — 16 septembre, à 10 h. et demie du matin, tremblement à Marseille. (*Statist. des Bouches-du-Rhône.* Communiqué par M. Aug. Bravais.)

1814. — 21 janvier, 7 h. 35 m. du matin, à Alençon, une assez forte secousse d'un tremblement de terre, formé d'un triple mouvement d'ondulation des angles extérieurs au centre, qui a duré presque 1 seconde dans la direction de l'est à l'ouest. Cette secousse a été accompagnée d'un bruit sourd, semblable à celui de l'air qui brise les cellules dans lesquelles il était comprimé, pour se restituer à toute sa force élastique. L'aiguille de la boussole s'est inclinée vers le centre de la terre,

et le baromètre, qui était à *grande pluie*, a parcouru à l'instant 7 degrés vers le *variable*. Il avait neigé toute la nuit. Depuis cette époque, le temps est beau et très-calme. (M. U., 28 janv.)

1814. — 23 janvier, à 7 h. 15 m. du matin, au Mans, deux secousses. La deuxième, très-violente, a été accompagnée d'une détonation très-forte. (J. D., 28 janvier.)

— 8 mars, à 11 h. 15 m. du soir, à Nantes, une assez forte secousse de 15 à 20 secondes, avec bruit comme celui d'une charrette chargée de planches; elle a été suivie de tonnerre et d'éclairs. Direction du nord au sud.

L'air était chargé d'électricité; plusieurs objets légèrement frottés par hasard laissaient échapper quelques étincelles électriques. Tout à coup le baromètre est descendu à *tempête* et le thermomètre est monté en quelques minutes de —2° à +3°. C'est alors qu'a eu lieu la secousse. La sérénité de l'air a été promptement rétablie. (M. U., 16 mars.)

— 19 mars, à 8 heures du soir, à la Châtre, violente secousse de 12 à 15 secondes, précédée de deux météores lumineux et accompagnée d'un bruit analogue à celui d'un carrosse qui roule sur le pavé. Direction du sud-sud-est à l'ouest-nord-ouest. (J. D., 29 mars.)

— 22 mai, à 11 h. 5 m. du matin, à Marmande, Aiguillon et Clairac, une secousse de deux secondes de l'est à l'ouest.

Le même jour, à 11 h. 30 m. du matin, à Oléron, une secousse longue et violente; rochers détachés d'une montagne voisine. (M. U., 7 juin.)

— Commencement de septembre. Près d'Alais (Gard), on entendit comme des décharges d'artillerie, par intervalles, pendant 24 heures, puis une forte détonation suivie d'un affaissement de terrain dans un champ de blé. Un paysan sentant le sol remuer sous ses pas se sauva. A peine était-il éloigné qu'il se forma un gouffre dans lequel l'eau parut sur un fond argileux semé de cailloux. Le gouffre avait 35 m. de diamètre sur 13 de profondeur. (J. D., 24 sept.)

— 6 novembre, à 5 h. 45 m. du matin, à Lyon et sur toute la ligne de Mâcon à Vienne, deux fortes secousses dans la direction de l'ouest à l'est, précédées d'une forte détonation sans éclairs. Avant et après, il est tombé beaucoup de pluie. Il y eut quelques maisons renversées; des bateaux s'entrechoquèrent. (J. D., 14 nov.)

1815. — 9 avril, à 1 h. 30 m. après midi, à Agen et dans le département de Lot et Garonne, plusieurs secousses. (J. D., 23 avril.)

C'est sans doute à la même époque que d'Aubuisson (*Geolog.*, t. I, p. 200) en a ressenti une à Toulouse.

1817. — 23 janvier, à 9 h. 55 m. du soir, à Limoges et à Gueret, une légère secousse. (J. D., 6 fév.)

1817. — Mars, secousses fréquentes dans le midi de la France. (*Statistique des Bouches-du-Rhône.* Communication de M. Aug. Bravais.)

— 7 juillet, à 5 heures du matin, à Schaffouse, une assez forte secousse, plus violente à 1 lieue de la ville. On l'a ressentie à Porentrui. (J. D., 28 juillet; M. U., 30 juillet.)

— 22 septembre, à 2 h. 30 m. du matin, à Angoulême, secousses assez violentes du nord au sud, pendant 2 ou 3 secondes. A la fin, forte détonation (J. D., 7 et 22 oct.; M. U., 10 oct.)

— 12 novembre, vers 3 heures du matin, à Genève, une forte secousse avec une violente détonation. La direction a été de haut en bas. Le bruit ressemblait à la chute d'une très-grande masse. La secousse a été ressentie dans les environs; les eaux ont éprouvé une hausse momentanée.

On a ressenti, vers cette époque, plusieurs secousses dans diverses contrées de l'Oberland Bernois. (J. D., 21 et 24 nov.; M. U., 1er et 8 déc.)

— 19 novembre, à 2 heures du matin, à Longué, près de Saumur (Maine et Loire), une secousse assez forte. (J. D., 10 déc.)

1818. — 19 février, à 10 h. 30 m. du soir, à Rouffach, Soultz et Belfort (Haut-Rhin), forte secousse; la ville voisine de Colmar ne s'en est pas ressentie. (C. P., t, IX, p. 433; G.; J. D., 6 mars; *Journal de Phys.*, t. LXXXVIII, p. 35.)

— 23 février, à 7 heures du soir, à Marseille, Draguignan, Oneille (Savoie), secousses très-fortes dirigées du nord-ouest au sud-est. Bruit sourd.

Le 24, à 7 heures du soir, à Antibes et Vence (Var). A Vence plusieurs maisons s'écroulèrent; à Antibes, au moment de la secousse, la mer vint se briser avec force sur le rivage.

On parle d'une secousse qui aurait eu lieu à 11 heures du matin, à Marseille, à St-Remi (Bouches-du-Rhône) et dans une partie du département du Var.

Le 25, à 10 heures du matin et à 11 h. 15 m. du soir, à Vence, Marseille et Aix, deux secousses légères. (C. P., t. IX, p. 433, et t. XXXIII, p. 402; G.; J. D., 6 et 12 mars; M. U., 12 mars; *Journal de Phys.*, t. LXXXVIII, p. 35.)

— 1er mars, à St-Remy (Puy-de-Dôme), secousse légère. (G.; C. P., t. XXXIII, p. 402.)

— 2 mars, à 4 heures du matin, dans le département du Var et à Nice, légère secousse qui dura 4 secondes; trois oscillations lui succédèrent à 8 secondes d'intervalle. (C. P., t. XXXIII, p. 402; G.)

— 9 mars, à St-Remy, une nouvelle et légère secousse.

Le 15, encore une secousse légère. (C. P., t. XXXIII, p. 403; G.)

— 19 juillet, à 7 heures du matin, à Perpignan et dans toute la vallée d'Orthez,

quelques secousses dans le sens de la ligne des Pyrénées. (J. D. 1er et 8 août; M. U., 2 août; C. P., t. IX, p. 433; G.)

1818. — 29 juillet, à 7 heures du matin, à Pau, Orthez, quelques secousses dirigées dans le sens des Pyrénées. (C. P., t. XXXIII, p. 403; G.)

Je n'ai trouvé aucune trace de ce dernier fait dans les feuilles périodiques.

— 4 et 5 novembre, dans la nuit, à Aquisgrana (Aix-la-Chapelle), secousse peu violente; après le lever du soleil, nouvelle secousse; quelques minutes après elle se renouvela avec un bruit semblable à celui d'une canonade éloignée; les mêmes secousses se firent sentir dans toute la ville de Witchbach. (M. U., 14 nov.; C. P., t. XXXIII, p. 403; G.)

1819. — 10 juillet, à 6 h. 45 m. du soir, à Guérande (Loire-Inférieure), légère secousse dirigée du nord au sud; bruit pareil à un tonnerre éloigné. (J. D., 24 juill.; C. P., t. XII, p. 426; G.)

— Fin de juillet, à Olette (Pyrénées orientales), légère secousse. (C. P., t. XII, p. 426; G.)

1820. — 21 avril, à 9 h. 30 m. du soir, à Brest, commotion assez sensible, accompagnée d'une détonation sourde et peu prolongée; le mouvement paraît s'être fait de l'est à l'ouest. (C. P., t. XV, p. 422; G.)

— 13 novembre, la nuit, quelques personnes croient avoir ressenti une faible secousse de tremblement de terre à Marseille. (C. P., t. XV, p. 422; G.)

1821. — 3 août, à Argelès et Lourdes (Hautes-Pyrénées), légère secousse. (C. P., t. XVIII, p. 414; G.)

— 7 octobre, à Épinal, Remiremont et Plombières (Vosges), plusieurs secousses; direction, sud-nord; durée, trente secondes; bruit semblable à celui que font entendre, quand elles tournent avec rapidité, ces sphères creuses et percées d'un trou que les enfants appellent le *diable*. (C. P., t. XXI, p. 393; G.)

— 25 décembre, à 8 h. 30 m. du soir, à Mayence, légère secousse. Ce phénomène est remarquable en cela surtout qu'il a coïncidé avec la baisse extraordinaire du baromètre, observée ce même jour dans toute l'Europe: tempête violente à Gènes, dans la Haute-Italie et en Suisse.

La veille, il y avait eu à Rhintal (Suisse), une secousse après l'apparition de plusieurs météores ignés. (C. P., t. XXI, p. 393, et t. XXXIII, p. 403; V. H. et G.)

1822. — 19 février, à 8 h. 15 m. du matin, à Belley, tremblement de terre violent, des rochers se fendirent. Il se fit sentir depuis Dijon, Clermont, Lyon, Bourg, et jusqu'en Suisse, à Genève, Lausanne, Zurich; en Savoie, à Chambéry, Annecy, Albi, ainsi qu'à Aix, où les sources thermales se troublèrent et perdirent leur odeur et leur saveur.

On le ressentit à Paris, *dans le sens du méridien magnétique*. M. Biot avait cru

que la direction était à peu près du sud au nord ou du sud-sud-est au nord-nord-ouest. (J. D., 25 fév. et 7 mars; C. P., t. XIX, p. 106 et 185; t. XXI, p. 393; G.; H.; V. H.)

1822. — 25 février, à 3 h. 35 m. du soir, à Belley (Ain), une seule secousse. (J. D., 5 mars; C. P., t. XXI, p. 393; G.)

Monseigneur Alexis Billiet, archevêque de Chambéry, qui a eu l'obligeance de me communiquer de nombreux renseignements sur les tremblements de terre ressentis en Maurienne, et à qui je suis heureux de pouvoir exprimer ma reconnaissance, m'écrivait naguère que cette secousse avait été ressentie à Chambéry, à 3 h. 45 m. du soir.

— 31 mai, à 8 heures du matin, à Cognac, Angers, Tours, Bourbon-Vendée, Laval, Nantes, Rennes et Paris; la secousse a été assez forte dans les premières villes. A Paris, il n'a été remarqué que par les oscillations d'une aiguille aimantée, ce qui le fit soupçonner à M. Arago. Direction *perpendiculaire au méridien magnétique*.

A Cognac, entre 7 et 8 heures du matin; à Nantes, à 7 h. 53 m.; direction du nord-nord-est au sud-sud-ouest; bruit semblable à celui que ferait une voiture pesamment chargée, roulant sur une route. A Rennes, à 7 h. 55 m.; à Tours, à 7 h. 35 m.; direction est-ouest. A Bourbon-Vendée, à 7 h. 35 m.; direction du nord-ouest au sud-est; bruit sourd semblable à celui que produirait une charrette lourdement chargée en passant avec vitesse sur un pavé inégal ou sur un pont-levis.

A Laval, à 8 h. 2 m., trois secousses successives assez fortes; direction du sud-est au nord-ouest. (J. D., 6 juin; C. P., t. XXI, p. 393; *France pittoresque*, t. II, p. 100; G.)

— 16 juin, à 4 h. 15 m. et 4 h. 30 m. du soir, à Cherbourg et dans l'arrondissement, deux secousses très-fortes. On n'a rien ressenti à Saint-Lô, ni dans l'arrondissement de Coutances, ni dans ceux de Mortain et d'Avranches. Peu d'instants après la secousse, on aperçut au sud, dans la baie du Mont-Saint-Michel, un météore lumineux qui semblait s'élever et fut suivi d'une forte détonation. Dans tout le département de la Manche, il tomba le même jour des torrents de pluie; il y eut une trombe. (C. P., t. XXI, p. 393 et 403; G.)

— 28 novembre, à 10 h. 50 m. du matin, à Spire, Kelh, Strasbourg, Stuttgart, assez forte secousse du sud-est au nord-est, pendant laquelle le docteur Von Yelin remarqua des perturbations magnétiques (à Munich?). A Mayence, on en ressentit une vers minuit et demi.

On en avait déjà éprouvé deux dans le Wurtemberg; la première à Horb, le 21, et la deuxième le 23 ou le 25 à Sulz. (J. D., 6 déc.; M. U., 8, 12 et 13 déc.; C. P., t. XXI, p. 393, et t. XXXIII, p. 406; G.; V. H.)

1825. — 19 février, à 6 heures du soir, à Belley (Ain), secousses assez sensibles. (C. P., t. XXXIII, p. 406; G.)

— 21 novembre, à 9 h. 30 m. du soir, à Strasbourg, Schelestadt, Fribourg, Brisach, assez fortes secousses dirigées de l'ouest à l'est, et accompagnées d'un bruit sourd à peu près semblable à celui d'un fort coup de vent. (C. P., t. XXIV, p. 439; G.)

— 7 décembre, à Bâle, une secousse. (V. H.)

— 15 ou 16 décembre, à 3 heures du matin, à Belley (Ain), secousses assez fortes qui ont duré quelques secondes et ont paru dirigées de l'est à l'ouest : elles furent précédées par une détonation semblable à celle de plusieurs pièces de gros calibre. Un habitant de Béxonces, qui était parti de ce village de très-grand matin, rapporta qu'étant sur le sommet de la montagne, à 3 heures de la nuit, le ciel lui parut tout en feu un instant après la détonation, quoiqu'aucun météore lumineux ne parût alors sur l'horizon. Quelques personnes de Belley prétendent avoir ressenti une première secousse à 1 heure du matin, dans la nuit du 12 au 13. (*Le Constitutionnel,* 21 déc ; C. P., t. XXIV, p. 429; G.)

— Décembre, à Mülheim (province de Clève-Berg), une secousse. (V. H.)

1824. — 18 juillet, à 10 h. 20 ou 25 m. du soir, dans les départements des Pyrénées orientales, de l'Aude, du Tarn, etc.

En Roussillon, la secousse parut dirigée du nord-est au sud-ouest; elle dura 4 ou 5 secondes. A Collioure, un bruit souterrain précéda le phénomène et se prolongea 4 ou 5 secondes après. A Mont-Louis le ciel avait été constamment pur et l'air calme toute la journée; mais, immédiatement après la secousse, il s'éleva un violent ouragan. A Perpignan, le thermomètre était monté dans la soirée jusqu'à 35° c., l'atmosphère semblait remplie de vapeurs brûlantes : on ne pouvait s'exposer à l'air sans être gravement affecté. A Carcassonne, la secousse fut accompagnée d'un sifflement de vent impétueux, que les habitants ont comparé au bruit d'une fusée. Tous les points de l'horizon avaient été sillonnés dans la journée par des éclairs, qui n'étaient pas suivis de détonations. (*Le Constitutionnel,* 28 juillet; C. P., t. XXVII, pp. 210 et 377; G.)

— 18 août, à Harderwyk (Gueldre), une secousse dirigée vers le sud-ouest; grand bruit semblable à celui d'une voiture roulant rapidement sur un pavé inégal. (*Le Constitutionnel,* 7 sept.; C. P., t. XXVII, p. 377; G.)

— Nuit du 29 octobre, à Mulheim, Storenberg et Schramberg en Brisgau, secousses dirigées du sud au nord.

Il y en avait eu une légère vers 8 heures du soir, à Chambéry. (*Le Constit.,* 20 nov.; C. P., t. XXVII, p. 377, et t. XXXIII, p. 408; G.)

— Nuit du 13 au 14 novembre, à Mayence, une secousse et un globe de feu. (V. H.)

1824. — En décembre, la nuit, à Alfter (village entre Cologne et Bonn), deux fortes secousses : les lits furent ébranlés. (V. H.)

1825. — 5 janvier, à 9 heures du soir, à Preuschdorf (canton de Worth, arrondissement de Weissenbourg), légères secousses de 40 ou 45 secondes. On les a ressenties à Lampertsloch. (*Le Constit.*, 20 janv.; C. P., t. XXX, p. 412; G.)

— 21 janvier, à 2 h. 45 m. du soir, à Marseille, deux légères secousses à 5 ou 6 secondes d'intervalle.

Le 22, à 1 heure après midi, à Marseille. Aix... légère secousse. (*Le Constit.*, 30 janv.; C. P., t. XXX, p. 413; G.)

— 17 août, entre 10 et 11 heures du matin, à Nieder-Beerbach (Hesse-Darmstadt), plusieurs secousses par lesquelles les fenêtres et les portes furent ébranlées et même ouvertes. (V. H.)

— 8 décembre, entre 10 et 11 heures du soir, à Genève, une forte secousse. (J. D., et le *Constitut.*, 19 déc. ; C. P., t. XXX, p. 414; G.)

— 25 décembre, à 5 heures du matin, à Strasbourg, secousses sensibles du nord-est au sud-ouest ou du nord au sud. On les ressentit en même temps à Kelh, Sundheim, Neumülh, Kork, Offenburg, mais moins fortement qu'à Strasbourg où le temps était calme et le ciel couvert; il soufflait un léger vent du sud. Le baromètre à 27 pouces 11 lignes, à peu près 2 lignes au-dessous de la moyenne, et le thermomètre à + 1° 25 R. Le guetteur de la cathédrale sentit son banc s'ébranler vers 4 h. 45 m., puis suivirent trois ou quatre secousses; il avait entre 3 ou 4 heures entendu un mugissement extraordinaire dans l'air.

On en ressentit à Manheim, où le phénomène paraissait inconnu depuis une vingtaine d'années. (*Le Constit.*, 28 déc.; C. P., t. XXX, p. 414; G. et V. H.)

1826. — 14 avril, à 5 heures du soir, à St-Brieuc (Côtes du Nord) et dans les environs, secousse qui dura 12 à 15 secondes, dirigée de l'est à l'ouest; elle fut précédée d'un bruit semblable à celui que ferait une voiture roulant sur des cailloux. (C. P., t. XXXIII, p. 410; G.; Férussac, *Bull.*, t. VIII, p. 329.)

— 24 juin. A St-Brieuc (Côtes du Nord), une secousse. (Férussac, *Bulletin des sc. nat.*, t. XV, p. 247.)

— 16 septembre, à environ 10 h. 30 m. du matin, à St-Jean de Boiseau (Loire-Inférieure), deux légères secousses du sud-ouest au nord-ouest. (J. D., 28 sept.)

1827. — 2 janvier (à l'heure du dîner), à Mortagne, Alençon et dans les environs, secousse violente, mais de courte durée, accompagnée d'un bruit très-intense : cheminées renversées, vitres cassées. Ce jour-là, le ciel était sombre, le temps lourd et orageux.

A 3 h. 45 m. on ressentit une violente secousse à Essonne et à Corbeil, dans le

département de Seine-et-Oise. (J. D., 12 janv.; *Le Constit.*, 10 janv.; C. P., t. XXXVI, p. 398; G.)

1827. — 30 octobre, à 3 h. 30 m. du matin, dans les cantons de Tavaro, Tallano et Sartène (Corse), deux secousses. (*Le Constit.*, 27 nov.; C. P., t. XXXVI, p. 398; G.)

1828. — Nuit du 25 au 26 janvier. Une montagne qui dominait la ville de Spa, s'est écroulée. On ne parle pas de tremblement de terre. (J. D. et M. U., 2 fév.)

— 23 février, vers 8 h. 1/2 du matin, fort tremblement en Belgique et dans le nord de la France, dans les départements de la Meuse, de la Moselle et du Nord.

A Commercy (Meuse), il y eut deux secousses dans la direction du sud au nord. A Longuyon (Moselle), une seule, mais assez intense, et qui a duré plus d'une minute. A Avesnes (Nord), sa durée a été moindre quoique également forte; la direction en était de l'est à l'ouest. A Dunkerque, la commotion a été ressentie par plusieurs habitants; la direction du mouvement souterrain y a été diversement observée, on lui donne généralement celle du sud au nord; la secousse a ébranlé de gros meubles, entre autres des bois de lit qu'on a vus se mouvoir en divers sens sur leurs roulettes.

Le vent, qui était au sud-est à 5 et 6 heures du matin, tourna subitement après la secousse et devint nord-ouest, sans aucun changement dans la température.

La secousse que l'on a ressentie à Bruxelles a été éprouvée à la même heure à Liége; vers 8 h. 20 m. du matin, par un temps très-calme, on éprouva dans cette dernière ville plusieurs secousses, d'abord très-légères, et ensuite assez fortes; elles se sont prolongées de sept à huit secondes; elles étaient accompagnées d'un bruit sourd et paraissaient se diriger du sud-est au nord-ouest. Les maisons tremblaient et les meubles éprouvaient un mouvement oscillatoire très-prononcé; quelques cheminées ont été renversées. Le mouvement s'est fait sentir très-fortement, surtout dans les parties élevées des habitations; il a été sensible aussi dans l'intérieur de la terre; à la houillère de Bellevue, près Saint-Laurent, les ouvriers l'ont ressenti distinctement, et à la houillère de Banoux, faubourg Vevignis, ils l'ont éprouvé à 52 toises de profondeur; quelques-uns d'entre eux disent avoir entendu une espèce de roulement. Après les secousses, le baromètre s'est maintenu au même état d'abaissement de 27p 1l.

Au collége royal de Liége, le mouvement ondulatoire a été très-sensible; des personnes ont été secouées fortement dans leurs lits, d'autres ont fui des églises. A Saint-Denis, le mouvement a été si prononcé qu'on eût dit qu'on secouait violemment les colonnes; des parties de ciment ont été détachées de la voûte du chœur.

A Maestricht, à la même heure, la secousse a été assez forte pour avoir déplacé des meubles dans plusieurs maisons, et occasionné la chute de plusieurs cheminées.

A Tirlemont, on a ressenti pareillement, dans la matinée, des secousses qui ont duré à peu près sept minutes; grand nombre de cheminées ont été renversées, les murs de plusieurs maisons crevassés, et dans une maison, les miroirs, verres et objets de porcelaine ont été brisés.

En résumé, ce tremblement de terre a ébranlé toute la Belgique, les régions de la Meuse, du Rhin et de la Moselle. Von Hoff qui, dans sa chronique, donne de longs détails sur ce phénomène, le circonscrit ainsi : au sud, Longuyon et Commercy; au sud-ouest et à l'ouest, Avesnes, le Quesnoy, Dunkerque, Bruges; au nord-ouest, Middelbourg et Flessingue; au nord, Dortrecht et Upbergen, près Nimègue; à l'est, il s'est étendu au Rhin et même au delà. Tous les lieux situés entre ces limites, comme Mons, Namur, Louvain, Aix-la-Chapelle, Hainaut, etc., ont été plus ou moins ébranlés; Tongres et Huy, où le bruit fut une espèce de craquement, méritent d'être signalés pour la violence des secousses.

On cite quelques perturbations magnétiques comme ayant précédé ou accompagné le phénomène. Ainsi, à Cologne, on aurait remarqué, le 23, une variation de 4° à l'ouest dans l'aiguille aimantée. Le 21, à 3 heures après midi, le baromètre, à Genève, était tombé à $26^{p}\ \frac{11}{16}$ de ligne. A Cobourg, où la hauteur moyenne barométrique est de 733^{mm} (réduit à 0° c.), Von Hoff observa seulement $716^{mm},9$ par 6°,3 c., le 22, à 8 heures du soir. Le 23, à 6 heures du matin, il était remonté à $718^{mm},45$, et à 8 heures il marquait $719^{mm},2$, le thermomètre centigrade étant à 7°. La hausse a continué. Les 19, 20, 21 et 23, des tempêtes terribles ont régné dans le midi de l'Europe. Le jour même du tremblement, les îles d'Hyères étaient ravagées par un orage mêlé de grêle et par une espèce de trombe. (J. D., 28 fév. et 1er mars; *le Constitutionnel*, nos des mêmes jours; M. U., 27, 28 fév.; 1er et 28 mars; C. P., t. XXXIX, p. 408; *Bull. de Férussac*, mars 1829 et mai 1830; G.; V. H.)

1828. — 26 février, 8 heures du matin, à Upbergen et Beek, près de Nimègue, légère secousse de deux secondes. Direction du sud au nord. (V. H.)

— 22 mars, à 2 h. 20 ou 30 m. du matin, à Jauche, Jandrin et Jandrenouville; une secousse plus faible à Louvain. Durée, deux ou trois secondes. A Cobourg, le baromètre tomba encore ce jour à 714^{mm}, la température étant à 11° cent. (V. H.)

— 23 mars, à 9 h. ½ du matin, au Quesnoy (Nord) et dans une des villes des Pays-Bas (Jauche?), forte secousse consistant en un mouvement oscillatoire dirigé de bas en haut. On avait remarqué la veille, vers le nord, trois grands éclairs dans un ciel sans nuages. (M. U. et *le Constitut.*, 27 et 28 mars; C. P., t. XXXIX, p. 410; G. et V. H.)

— Nuit du 17 au 18 juin, à Poitiers (Vienne), une légère secousse. (J. D., 27 juin; C. P., t. XXXIX, p. 411; G.)

1828. — 15 août, entre 1 h. 30 m. et 2 heures du matin, en Belgique, deux secousses légères avec bruit souterrain. (V. H.)

— 9 octobre, à 3 h. 15 m. du matin, à Turin et Gènes, grandes secousses ressenties assez faiblement à Marseille. Les observateurs de Turin disent que le tremblement a duré 30 secondes, ceux de Gènes, 20 secondes seulement. On assure, du reste, que des sonnettes ont été mises en mouvement par l'effet des secousses, que des pendules se sont arrêtées, que beaucoup de bâtiments ont été lézardés : il ne paraît pas toutefois qu'il en soit résulté des dégâts bien notables. Dans le port de Gènes, le tremblement a donné lieu à un mouvement de la mer très-considérable, pendant lequel beaucoup de navires se sont entre-choqués.

Le 10, à 1 h. 30 m. environ de la nuit, nouveau tremblement beaucoup plus faible. On a ressenti les mêmes secousses à Asti, à 22 milles de Turin. (*Le Constit.*; J. D. et M. U., 16, 18, 19 et 20 oct.; C. P., t. XXXIX, p. 412; G.)

— 21 novembre, à 3 h. 30 m. du matin, dans les environs de Reiffenberg, non loin de Francfort-sur-le-Mein, une secousse avec bruit souterrain, semblable à celui d'une voiture. (V. H.)

— 25 novembre, à Mayence et dans les contrées voisines, un tremblement de terre qui, pas plus que celui du 3 décembre suivant, n'a eu d'influence sur les eaux minérales de Wiesbaden. (J. D., 8 janv. 1829.)

— 26 novembre, à 8 h. 30 m. du soir, à Sindlingen (Grand-Duché de Nassau), à 6 ou 7 milles au nord-ouest de Francfort, une forte secousse de l'est à l'ouest. (V. H.)

Le lendemain 27, à 7 heures du matin, à Bonn, une secousse pareillement dirigée de l'est à l'ouest. (V. H.)

— 3 décembre, vers 6 h. 30 m. du soir. De Metz à Aix-la-Chapelle, Spa, Liége, Maestricht, Cologne, Bonn, etc., et sur toute la vallée du Rhin, deux secousses assez fortes. A Spa, des meubles ont été renversés, des personnes sont tombées de leurs chaises. A Stavelot et Malmédy, la dernière secousse a été accompagnée d'une détonation très-prononcée. A Remagen, la direction a été du nord-ouest au sud-est, et à Aix-la-Chapelle, du sud-est au nord-ouest. On a aussi remarqué une perturbation dans l'aiguille magnétique.

Les eaux de la Baltique se retirèrent de Lubeck, et vers midi, il y eut à Saint-Pétersbourg une tempête épouvantable venant de la mer. (J. D., *le Constit.*, et M. U., 8, 9, 25 déc. et 3 janv. 1829; C. P., t. XXXIX, p. 412; G.)

Contrairement au *Journal des Débats*, *le Constitutionnel* dit que les eaux de Selters ont diminué et que celles de Wiesbaden ont augmenté. Von Hoff regarde aussi comme fausse la nouvelle de ces changements.

1829. — 2 avril, à 7 h. 30 m. du matin, aux environs de Dieppe (Seine-Infé-

rieure), plusieurs fortes secousses; la première dura quelques secondes et fut accompagnée d'un bruit semblable à celui du tonnerre. (G. P., t. XLII, p. 348; G.)

1829. — 25 avril, à 9 h. 30 m. du soir, à Freyburg (Bade) et Münsterthal, forte secousse avec bruit pareil au tonnerre; durée, quelques secondes; direction, du sud-ouest au nord-est. A Freyburg, elle fut suivie d'un fort coup de vent du nord-ouest, et d'une chute de neige. (V. H.)

— 1er juin, à 10 heures du matin, une secousse à Bonn, ou plutôt à Rome.

Le même jour, les secousses se sont renouvelées à Albano, où elles étaient très-fréquentes depuis une huitaine de jours. (V. H.)

— 24 juin, à 7 h. 10 m. du soir, à Paris, plusieurs secousses, sur l'autorité de plusieurs personnes demeurant rue du Mont-Parnasse.

Le 26, à Caen (Calvados) et dans les environs, une légère secousse de deux secondes de durée. (J. D. 5 juillet; *le Constit.*, 4 juillet; C. P., t. XLII, p. 349; G.)

— Premiers jours de juillet, secousses en Normandie. (V. H.)

— Nuit du 3 au 4 juillet, à Zwolle (Yssel-Supérieur), une légère secousse; le vent très-fort se calma aussitôt après. (V. H.)

— 8 juillet, à 10 heures du soir, à Marseille, fort ras de marée. (*Le Constit.*, 17 juillet.)

— 15 juillet, à Vitry et dans le département de l'Aube, tremblement de terre qui m'a été communiqué par M. Aug. Bravais.

Von Hoff signale seulement, sous cette date, une grêle désastreuse à Arcis-sur-Aube, Ormes, Allibaudières, du Chine, Champigny, Villette, Torcy, Pouan et Vitry.

— 7 août, à 3 heures du matin, à Colmar, Béfort, Saint-Diez, Strasbourg, plusieurs secousses accompagnées d'un bruit semblable à celui d'un tonnerre lointain. Direction du nord au sud. Elles furent plus fortes dans les montagnes que dans les pays bas. (*Le Globe*, 9 septembre; *Bull. de Férussac*, octobre; C. P., t. XLII, p. 349; G.)

— 9 septembre, à 10 h. 30 m. du matin, à Francfort-sur-Mein, une secousse du sud-ouest au nord-est. (*Le Constit.*, 17 sept.)

Von Hoff paraît douter de son existence.

— 1er novembre. Chute d'une montagne à Lamothe-Chalançon, non loin d'Orange (Drôme). Il se forma un petit lac. (*Ann. des sc. nat.*, t. XIX, p. 424.)

— 27 novembre, à 4 h. 5 m. du soir, à la Rochelle et Rochefort (Charente-Inférieure), secousses accompagnées de fortes détonations. Voici les détails donnés par M. Fleuriau de Bellevue, correspondant de l'institut et membre de la chambre des députés.

Le 27 novembre, à 4 h. 5 m. du soir, on entendit tout à coup à la Rochelle

deux fortes détonations; la première était d'une médiocre intensité, mais la deuxième, qui la suivit de 1 ou 2 secondes, fut d'une violence extrême; puis on entendit un bourdonnement prolongé qui n'était peut-être dû qu'à l'effet des échos : ces deux détonations et ce bourdonnement durèrent 4 ou 5 secondes au plus. Ce bruit parut venir de très-haut, comme d'une bombe, dans la direction du midi; il différait tellement d'un coup de tonnerre que chacun crut d'abord à l'explosion d'un magasin à poudre. En effet, on n'avait éprouvé qu'une très-violente commotion qui fit fortement vibrer les carreaux des vitres, qui n'ébranla qu'un très-petit nombre d'objets portant à faux, mais qui ne fut accompagnée par aucune secousse sensible, soit de bas en haut, soit dans le sens horizontal; aussi les personnes qui avaient éprouvé des tremblements de terre dans d'autres pays, ne pouvaient reconnaître ici ce phénomène; plusieurs l'attribuaient à l'explosion d'un bolide, et s'attachèrent d'autant plus à cette opinion, qu'ils apprirent ensuite que ce bruit ne s'était pas fait entendre au delà des limites des arrondissements de la Rochelle et de Rochefort.

Cependant, comme depuis vingt-cinq jours on n'a pas ouï dire que personne ait aperçu de globe de feu, ni de pierres tombées, comme on assure que plusieurs animaux manifestaient une agitation extraordinaire, un moment avant les détonations, comme les marins de trois navires ont déclaré que, dans ce même moment, ils ont cru que leurs navires avaient donné sur quelques rochers, comme neuf jours après cette époque, une seconde secousse s'est fait réellement ressentir, il y a lieu de croire que ces détonations doivent se rapporter à la même cause.

Le baromètre avait été très-bas les jours précédents, et alors il était encore stationnaire, à 4 h. 8 m., au-dessous de sa hauteur moyenne, c'est-à-dire à 27^{p}.10^{l}.; il monta aussitôt après, mais, à la vérité, le ciel qui avait été très-couvert toute la journée et même un peu pluvieux, s'était éclairé vers l'ouest, une demi-heure auparavant.

1829. — 6 décembre, à 5 heures du matin, à la Rochelle encore, secousse assez forte qui paraît n'avoir été observée que dans un rayon de 3 ou 4 lieues autour de cette ville. (C. P., t. XLII, p. 350; Férussac, *Bull. des sc.*, avril 1830; G.)

Suivant Von Hoff, cette dernière secousse a été ressentie dans le Médoc et dans d'autres parties du département de la Gironde.

— 22 décembre, la nuit, à Belley (Ain), secousse assez forte et de longue durée. (C. P., t. XLII, p. 351; G.)

Le 29, nouveau tremblement à Belley. (Communiqué par M. Aug. Bravais.)

1830. — 23 novembre, à 6 heures du matin, à Mulhouse, Saint-Louis, Bâle, Strasbourg, à Freyburg, Mülheim, Lorrach (grand duché de Bade), plusieurs secousses précédées d'une détonation semblable à celle d'une pièce de gros calibre.

Direction du sud-ouest au nord-est. Quelques secousses à Saint-Blaise (Bade), vers 5 h. 45 m. (C. P., t. XLV, p. 402; Colla, *Ann. astr.*, 1833; H.; V. H.)

1830. — 2 décembre, à 0 h. 15 minutes du matin, à Saint-Blaise, une forte secousse encore. (V. H.)

— 28 décembre, vers 2 heures du soir, à Coblentz, Neuwied et Rubenach, dans la province prussienne du Bas-Rhin, secousses dirigées du nord-ouest au sud-est; elles furent précédées d'un bruit semblable à celui d'un canon de gros calibre. Les sources des environs de Coblentz, à Rubenheim, avaient tari deux jours auparavant. (H. et V. H.) *Le Constitutionnel* du 10 février 1832 donne la date du 28 janvier 1832.

1831. — 29 janvier, entre 10 et 11 heures du soir, dans les arrondissements de Remiremont et Saint-Diez, forte secousse du sud-ouest au nord-est. A Géraromer, la secousse a été accompagnée d'un bruit sourd, mais bien prononcé. (M. U., 15 fév.)

— 29 avril, vers les 5 heures du soir, à Orléans et dans les environs, plusieurs secousses assez fortes. (J. D., 3 mai.)

— 26 mai, à 11 h. 1/4, à Marseille, forte secousse qui paraît avoir été plus violente à Gênes, où des maisons ont été ébranlées.

— Le 28, à midi 3/4, nouvelle secousse à Gênes. (J. D., 8 juin.)

— Nuit du 26 au 27 août, à minuit, à Besançon (Doubs), deux secousses assez violentes, précédées d'un bruit sourd de deux secondes à chaque fois : l'intervalle a été de 10 secondes. Les portes, les fenêtres, les meubles ont été ébranlés. (G.)

1832. — Nuit du 3 au 4 septembre, à Poitiers, une assez forte secousse de quelques secondes. (M. U., 9 septembre.)

1833. — 5 février, à 5 heures et quelques minutes du matin, à Noirmoutiers (Charente), deux secousses; la première, qui était la plus forte, a duré six à sept secondes; elle eût été prise pour le passage d'une voiture sur le pavé : au bout de 7 à 8 secondes, il en est survenu une autre; cette commotion, réagissant sur la mer, a imprimé aux navires un mouvement sensible. Le bruit souterrain a passé du midi au nord. (J. D., 13 fév.; G.)

— 22 juin, à 7 heures du matin, à Confreville, Caillot, Angerville-Bayeul, Saint-Maclou, Limpiville et autres communes du canton de Goderville, arrondissement du Havre (Seine-Inférieure), secousses violentes qui n'ont duré que quelques secondes, et ont effrayé les habitants de ces contrées. (J. D., 2 juillet; G.)

— 23 août, vers midi, à Utrecht, une légère secousse. (G.)

— 9 octobre, à 1 h. 15 m. après midi, à Issoire (Puy-de-Dôme), assez forte secousse avec bruit; le temps qui paraissait à l'orage s'est éclairci.

— Le 15, plusieurs nouvelles secousses successives avec un mugissement indéfinis-

sable à Clermont, Issoire et aux environs. (J. D., 15 et 26 oct.; *France pittor.*, t. III, p. 5.)

1833. — 2 décembre, dans la matinée. Dans les environs de Harlem, une secousse qui a duré 20 ou 25 secondes. (G.)

1834. — 4 juillet, à Brest, une secousse très-sensible. (A. Colla, *Bibl. Ital.*)

— 15 septembre, à Niort (Deux-Sèvres) et dans les environs, léger tremblement. (C. R., t. I, p. 129.)

1835. — 7 mars, à 6 heures du matin, à Beaumont (Vaucluse) et à Manosque (Basses-Alpes), deux secousses à 6 minutes d'intervalle. (J. D., 24 mars.)

— Nuit du 28 au 29 avril. Près de St-Jean-Pied-de-Port s'est ouvert un gouffre de 200 pieds de circonférence sur 25 à 30 de profondeur. Il y a de l'eau et de la vase au fond. Il y a eu un bruit comme une détonation au moment de l'affaissement. (J. D., 12 mai.)

— 14 septembre, à Niort et à St-Jean-d'Angely, une secousse.

Le même jour, à Die, Saillans, Valréas (Drôme) et sur le revers ouest de la Lance, commotion et bruit souterrains.

La ligne de Niort à St-Jean-d'Angely est parallèle à celle de la Lance à Saillans: elles n'ont été affectées que dans l'espace de quelques myriamètres; mais il est à remarquer qu'elles font partie de deux parallèles terrestres compris entre 44°30′ et 46° 30′ lat. nord. (M. U., 7 oct.)

— Septembre, entre 6 et 7 heures du matin. Dans l'arrondissement d'Yvetot et à Bourg-Dun, dans l'arrondissement de Dieppe (Seine-Inférieure), une légère secousse dans une étendue de deux myriamètres; elle n'a pas duré plus de 5 à 6 secondes; on a entendu un bruit sourd, et quelques meubles ont été ébranlés. Des marins à la pêche ont également ressenti la secousse. (G.)

— 27 octobre, vers les 4 heures du matin. Un très-fort tremblement de terre s'est fait sentir à St-Bertrand de Comminges; le sol a été vivement ébranlé, et à tel point, que dans les maisons tous les meubles étaient rudement secoués et soulevés jusqu'à plusieurs pouces au-dessus du plancher. La secousse a été sentie également à Louzer, à Valcabrère, Izaout, Anla et dans tous les environs: elle s'est prolongée pendant une minute à peu près: elle consistait en un mouvement ondulatoire rapide, accompagné d'un bruit souterrain comparable au roulement d'une lourde voiture. La direction de ce mouvement, qu'il était facile de connaître à St-Bertrand, était, dit M. Boubée, de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest, direction qu'affectent précisément les couches de calcaire compacte du terrain de craie inférieure, sur lequel St-Bertrand est bâti, et qu'affecte également la chaîne entière des Pyrénées. J'ignore, ajoute l'auteur, si le tremblement s'est fait sentir avec les mêmes circonstances dans les lieux les plus rapprochés de la chaîne, et où sont les terrains plus anciens.

Une heure après la première secousse, on en sentit une seconde à S[t]-Bertrand.

Le lendemain 28, vers 3 h. 45 m. du matin, on a ressenti à Lux, près de Baréges, une forte secousse, telle que de mémoire d'homme il n'y en a eu d'aussi intense; tous les meubles ont été déplacés. La direction de cette secousse était de l'ouest à l'est, et la durée de quatre à cinq secondes. Deux autres secousses, mais bien moins fortes que la première, se sont fait sentir à un quart d'heure d'intervalle.

Le même jour 28, vers les 4 heures et demie du matin, à Tarbes (Hautes-Pyrénées), la terre s'est émue, les secousses se sont fait sentir à plusieurs lieues à la ronde, mais elles ont considérablement augmenté de violence et de durée dans les localités les plus rapprochées des Pyrénées. On raconte qu'à Bagnères elles se sont prolongées pendant plusieurs minutes, et que les habitants effrayés se sont jetés presque nus hors de leurs maisons. Quelques murs, quelques plafonds lézardés sont les seules sinistres qu'on signale. Ce phénomène a été suivi d'un grand bruit, assez semblable au roulement du tonnerre dans les gorges des Pyrénées. Direction de l'ouest à l'est. (J. D., 5 nov.; M. U., 6 nov.; C. R., t. I, p. 322 et 469; G.)

1835. — Fin de novembre. A Pau (Basses-Pyrénées), à la suite de froids assez vifs, le temps a tout à coup changé, un vent du sud très-chaud, étouffant, s'est élevé. On eût cru dans la journée ressentir les exhalaisons qu'on éprouve devant une fournaise ardente.

Quelques personnes prétendent avoir remarqué pendant la nuit des secousses de tremblement de terre; d'autres assurent avoir entendu des bruits souterrains et comme de fortes détonations. (M. U., 3 déc.)

1836. — 13 mai, vers 5 heures du matin, à Angers, plusieurs secousses précédées d'un bruit sourd; dans beaucoup de maisons, les fenêtres et les meubles ont été violemment agités.

A la même heure, léger tremblement à Nantes.

A 5 h. 3 m. du matin, par un temps calme, le vent nord-est et l'espoir d'une journée de printemps, à Parthenay, deux secousses accompagnées d'un bruit souterrain pareil à celui d'un tonnerre lointain. Elles ont été plus violentes que la première et dirigées du nord-ouest au sud-est, et se sont succédé à peu d'intervalle; la seconde a causé un ébranlement général; des personnes debout se sont senties comme soulevées; d'autres couchées et endormies ont été réveillées par une commotion pareille à celle que produit une machine électrique, et se sont assez longtemps ressenties d'un malaise.

A 10 h. 30 m. du soir, nouvelle secousse de même direction, mais moins forte.

Le 14, on a aussi éprouvé à la Rochelle quelque mouvement d'oscillation. (J. D., 17 et 19 mai; *Bull. de la société géol.*, t. VII, p. 260; *Bibl. ital.;* G.)

1836. — 16 septembre, à 1 heure après-midi, à Nismes, on entendit comme une violente détonation accompagnée d'un tremblement général, qui se faisait sentir non-seulement par un léger tressaillement du sol, mais par une sorte d'oscillation des murs et des objets mobiles; cette secousse a duré 2 ou 3 secondes. A Vauvert, et dans quelques villages voisins, le tremblement fut plus prononcé. On l'a ressenti à Beaucaire, mais on n'a rien éprouvé à Montpellier. (M. U., 24 et 25 septembre; *Bibl. ital.;* G.)

— 5 novembre? Le *Journal des Débats*, n° du 30 janvier 1837, que nous citerons plus bas, à la date du 24 janvier, parle d'un tremblement de terre, ressenti depuis peu à Altkirch. Ce fait serait-il concomitant des violentes secousses ressenties le 5 novembre, à 7 heures du matin, dans la partie nord-ouest de la Suisse où leur direction a été du sud au nord? M. Ant. Colla, qui les a consignées dans la *Biblioteca italiana*, ne cite aucune localité.

1837. — Nuit du 10 au 11 janvier, vers minuit, à Poitiers, deux secousses dont une très-forte. (A. Colla, *Ann. astr,* an 1839, p. 109.)

— 21 janvier, vers 2 heures et 4 ou 5 heures du matin, deux fortes secousses à Genève.

Le 24, à 1 h. 58 m. du matin, à Altkirch, Besançon, Bâle, Berne, Soleure et Constance, trois secousses avec bruit assez fort. Direction du nord au sud. Temps calme.

A Sion, deux secousses très-sensibles. Le bruit a paru se diriger du sud au nord. Le ciel était calme, très-peu nuageux. L'hygromètre, qui depuis deux mois se trouvait tellement fixé entre 90 et 100° qu'on le croyait dérangé, était monté de 15°.

A Burdorf, la direction fut du sud-sud-ouest au nord-nord-est; à Stuttgardt et Oberndorf, de l'est à l'ouest; dans la Lombardie et le Piémont, du nord au sud. (J. D., 30 janvier et 1er fév.; M. U., 2 fév.; l'*Institut*, n° 218, an 1837; A. Colla, *Ann. astr.*, an 1839; G.)

— 29 janvier. A Vizille (Isère), forte commotion précédée d'une violente détonation, comparable à la décharge simultanée de plusieurs pièces de canon. (A. Colla, *Ann. astr.,* an 1839.)

— 19 février, à 7 h. 30 m. du matin, à Bâle, une secousse très-faible. (A. Colla, *ibid.*)

— 25 février, à 5 h. 15 m. du matin, à Gand, par un temps orageux, une secousse assez forte, qui a duré 2 ou 3 secondes, et dont l'oscillation était du sud-est au nord-ouest. Elle a été plus forte que celle qui avait eu lieu huit ans auparavant. Le vent venait du sud-sud-ouest et le thermomètre était à — 4°,5 R. G.; A. Colla, *ibid.*)

L'auteur fait sans doute ici allusion au phénomène du 3 décembre 1828?

1837. — 27 mai, vers les 6 heures du soir, une légère secousse à Coblentz. (G.)

— Mai (*nella meta*), fortes secousses sur quelques points du département du Cher. (A. Colla, *ibid.*)

— 11 octobre, à 7 h. 30 m. du soir, à Tilly-la-Campagne, Bourguibus et Sollins (Calvados), violentes secousses avec fortes détonations. (J. D., 18 oct.; A. Colla, *ibid.*)

— 30 octobre, quelques minutes avant 11 heures du soir, à Mulhouse, une assez forte secousse dans la direction de l'est à l'ouest. (J. D., 11 novembre; A. Colla, *ibid.*)

— 11 décembre, à 3 h. 7 m. du matin, à Chalabre et Ste-Colombe (Aude), secousse de 30 secondes, avec bruit semblable à celui de voitures roulant sur le pavé. On a ressenti une secousse légère sur divers points de l'Arriége et des Pyrénées orientales. (J. D., 18 déc.; Colla, *ibid.*)

1838. — 5 janvier, à 7 h. 15 m. et 7 h. 30 m. du matin, à Belley (Ain), deux secousses assez sensibles avec grand bruit. Chacune a duré 1 seconde. (A. Colla, *Ann. astr.*, an 1840.)

— 24 janvier, à Pouilly, Toisy et Mont-St-Jean (Côte-d'Or), légère secousse. (J. D., 16 fév.; A. Colla, *ibid.*)

— 14 février, à 4 h. 30 m. et 6 h. 30 m. du soir, à Dijon, deux légères secousses. Détonation violente, dit-on. Je n'ai point entendu de détonations, je ne me suis non plus nullement aperçu des secousses.

— 23 février, entre 4 et 5 heures du matin, dans le département de la Creuse, deux secousses. (A. Colla, *ibid.*)

— 1er mars, vers 1 heure de l'après-midi, chute du roc de Jalève, territoire de Caisnes (Pyrénées orientales). Bruit pareil à un tonnerre lointain, secousse semblable à un tremblement de terre. (J. D., 9 avril.)

— 16 mars, vers 1 heure du matin, à Coblentz, une secousse durant une tempête très-violente. (A. Colla, *ibid.*)

— 22 mai, à 7 heures du matin, à Méandre (Isère), fortes secousses. Elles ont duré à peu près 15 minutes, mais à trois reprises différentes. Des murs ont été lézardés. (J. D., 3 juin; A. Colla, *ibid.*)

— 14 octobre, à 7 heures du matin, à Coblentz, violente secousse presque instantanée. Du 11 au 14, le baromètre était descendu de 28p 4l,2 à 27p 6l,6. (J. D., 20 oct.)

— 26 octobre, à 4 h. 49 m. du soir, à Avesnes (Nord), secousse très-forte. (A. Colla, *ibid.*)

— 16 décembre, dans le département de l'Isère (voir au 26 mars suivant).

1838. — 25 décembre, au milieu de la nuit, à la Rochelle, secousse assez forte d'une demi-seconde, avec bruit semblable à un coup de canon dans l'éloignement. Les portes ont été ébranlées dans les maisons sur plusieurs points du département. (J. D., 31 décembre.)

1839. — 10 février, à 8 h. 30 m. du matin, à Aigueperse, Riom et Gannat, secousse violente. (J. D., 24 fév.; M. U., 25 fév.; A. Colla, *ibid.*)

— 26 mars. Dans le département de l'Isère : « Il est reconnu, dit M. Barruel. » recteur de Vausany, que les secousses des tremblements de terre ont été sensi- » bles dans toutes les paroisses qui composent le canton d'Oisans (Isère). Elles » ont eu lieu à Allemont. Auris (suit la liste de seize paroisses). Un bruit souter- » rain semblable à celui d'un tonnerre qui se fait entendre dans le lointain, ou à ce- » lui de la chute d'une avalanche, *les précédait toujours;* l'agitation le suivait de » près; l'ébranlement était plus ou moins violent; l'oscillation se dirigeait du nord- » est au sud-ouest......... Il n'y a eu de dommages qu'à Vausany. Les plus forts » tremblements ont eu lieu le 16 décembre et le 26 mars. » (Mgr. Alexis Billiet, *Mém. sur les trembl. de terre de Maurienne*, inséré aux *Mém. de Turin*, 2e série, t. II, p. li.)

— 3 avril, à 6 heures et demie du matin, à Grenoble, faible secousse de deux secondes. Direction de l'est à l'ouest. (A. Colla, *Ann. astr.*, an 1841; A. Billiet, *ibid.*)

— 16 août, le soir, à Genève, faible secousse. (A. Colla, *ibid.*)

— 2 novembre, vers 4 heures du soir, à Genève, faible secousse; quelques instants après, une forte secousse à Sion, et une autre assez forte à 2 heures du matin. (A. Colla, *ibid.*)

1840. — 3 janvier, un peu avant minuit, tremblement dans les Pyrénées. Des cheminées furent renversées. Quatre jours auparavant, forte odeur de soufre avec bruit souterrain à Bagnères de Bigorre. (M. U., 12 janv.; A. Colla, *ibid.; Écho du monde sav.*, nº 509.)

— 8 janvier, à Lucey, sur les bords du Rhône, légère secousse. (J. D., 22 janv.)

— 19 janvier, nouvelles secousses dans les Pyrénées. (A. Colla, *Ann.*, 1842.)

— Nuit du 29 au 30 janvier. Éboulement de la montagne de Cernans, près de Salins (Jura). Il ne paraît pas y avoir eu de tremblement de terre. (J. D., 3 fév.)

— 22 mars, à 4 h. 17 m. du soir, à Nantes, à Guérande et dans une partie de l'ouest, deux secousses séparées par un intervalle inappréciable.

A Guérande, bâtie sur un terrain primitif, la secousse de l'est à l'ouest a été ressentie à 3 h. et demie. (M. U., 28 mars.)

— 8 juin, tremblement à Tours et à Candes. (Lamont, *Annal. für Meteor. und Erdmag.*, t. I, p. 161.)

1840. — 2 septembre, à 8 h. 15 m. du soir, à Roquemaure (Languedoc), deux secousses de l'est à l'ouest, à 5 minutes d'intervalle, avec fortes détonations souterraines. On les a ressenties à Châteauneuf, Cadérousse, Montfaucon, Saint-Géniès, Tavel, Sauveterre. Des marais sur les bords du Rhône ont dégagé beaucoup de gaz enflammés. La commotion a embrassé une largeur de 2 lieues. (M. U., 12 sept.; *le Voleur*, 18 sept.; A. Colla, *ibid.*)

— 8 novembre, à 6 h. 53 m. du matin, à Bessas et Barjac (Gard), une secousse du nord-ouest au sud-est; elle fut assez violente et suivie de deux oscillations. (Q., 18 nov.; Ph., 22 nov.; A. Colla, *ibid.*)

— Nuit du 9 au 10 décembre, à Belley (Ain), secousse assez violente, mais sans dégâts. On l'a ressentie en plusieurs communes sur les bords du Rhône.

Le 10, à 4 h. 18 m. du matin, il y a eu à Chambéry une forte secousse de l'est à l'ouest.

Depuis quinze ans environ, elles sont assez fréquentes, remarque-t-on, dans les régions sub-Alpines. (M. U. et G. F., 19 déc.; Ph., 23 déc.; *Gaz. Piém.*, 14 déc.; A. Colla, *ibid.*)

1841. — Premiers jours de janvier, à Goux (Doubs), effondrement spontané et très-considérable. C'est une sorte de puits ayant une ouverture d'environ quinze mètres de circonférence. La profondeur n'a pu être appréciée. (Ph., 17 février.)

— 22 mars, à 6 h. 34 m. du matin, à Coblentz, une secousse: durée, 1 seconde; direction du nord-est au sud-ouest; bruit très-fort.

On l'a ressentie sur la Moselle et sur la Lahn. (M. U., 28 mars; *Gaz. Piém.*, 31 mars; A. Colla, *ibid.*)

— 3 avril, vers 1 heure du soir, à Seiches (Maine et Loire), secousse assez forte avec bruit souterrain. Direction de l'est à l'ouest.

Le même jour, à 3 heures et demie du soir, violentes secousses dans tout le Jutland. (M. U., 13 et 16 avril; *Gaz. Piémont.*, 21 avril; A. Colla, *ibid.*)

— 29 juin, vers 10 heures du matin, dans le département de l'Indre, première secousse, suivie d'une seconde à quelques minutes de distance; l'une et l'autre fort légères seraient peut-être restées douteuses sans le bruit souterrain, saccadé et prolongé qui les accompagnait.

Le 30, à 11 h. 15 et 25 m., secousses et bruits plus forts à Châtillon-sur-Indre et à Buzançais.

Le 1er juillet, nouvelle secousse.

Les quatre jours suivants, grand vent du sud-ouest.

— Nuit du 4 au 5, vers minuit, à Leblanc-sur-Indre, secousses assez fortes pour ébranler les meubles; à minuit 25 m., ciel un peu orageux, mais calme.

A Bligny-sur-Ouche, près d'Arnay-le-Duc (Côte-d'Or), entre minuit et minuit et demi, secousses assez fortes pour avoir remué les meubles.

A Bourges, à minuit et demi, mouvement de soulèvement; deux secousses; grand bruit comme si on eût jeté un lourd fardeau dans les étages supérieurs. Ciel clair, vent frais. Vers 3 heures, une secousse très-faible.

A Caumacre, près de Rochemore, au sud de Tours (Indre et Loire), vers minuit, forte secousse dirigée du nord au sud : durée, 2 ou 3 secondes; bruit semblable à celui qu'une douzaine de diligences auraient pu produire en roulant simultanément sur le pavé. Dans la soirée, on avait remarqué que les nuages les plus élevés étaient poussés par le vent de sud, et les plus bas par le vent du nord.

A Langé, canton de Valençay (Indre), à minuit 28 m., la plus forte secousse; la seconde, 4 ou 5 minutes après la première; la troisième à 3 h. 44 m.; la dernière, très-faible, à 3 h. 45 m. Leur direction a paru du midi au nord. Ciel chargé au couchant. Le vent d'ouest s'est élevé après les secousses.

A Pont-Levoy, à minuit et demi, première secousse dirigée du nord au midi, bruit sourd et profond; les meubles tremblèrent. A 3 heures et demie, nouvelle secousse; vent très-fort; il pleuvait abondamment.

A Quinçay, 40 kilomètres au sud de Blois, à minuit et demi, une forte secousse paraissant aller de l'ouest à l'est. Bruit semblable à celui que produit une voiture roulant sur des pierres. Vers 3 h. 30 m., secousse moins forte que la première. Le tonnerre grondait alors dans le lointain.

Près de Nogent-sur-Vernisson (Loiret), minuit 3/4, violente secousse dirigée du nord au sud; les objets se mouvaient à la vue; le ciel était chargé, mais calme : on éprouvait une chaleur étouffante.

A Chartres, vers minuit et demi, forte secousse. Il y avait un violent orage.

A Donnemarie (Seine et Marne), à minuit 40 m., trois fortes secousses dirigées en apparence du sud au nord.

A Rambouillet, vers minuit 37 minutes, violente oscillation de l'ouest à l'est, bruit très-fort. Le ciel était calme, mais l'orage approchait.

Près de Longjumeau, vers minuit et demi, forte secousse.

A Grignon (Seine et Oise), vers minuit et demi, assez forte secousse dirigée du nord-est au sud-ouest. Elle s'est renouvelée presque immédiatement après.

A Orsay, M. Jomard, membre de l'institut de France, a compté sept secousses. La première, la plus forte, était dirigée du sud au nord, vers minuit et demi.

A Sèvres, à la même heure, trois secousses successives, dirigées de l'ouest à l'est. A Chevreuse, forte secousse du nord-est au sud-ouest. A Meulan, vers minuit et demi encore, trois secousses successives dirigées du nord au sud.

A Paris, encore vers minuit et demi, trois secousses, dont la direction générale a été du nord-est au sud-ouest.

M. Arago a reconnu, d'après les registres de l'observatoire, que le tremblement de terre n'a altéré ni l'horloge du temps sidéral, ni la marche de l'horloge du temps moyen. Les balanciers de ces deux horloges oscillent dans le plan du méridien. Une perturbation de deux dixièmes de seconde aurait été manifeste.

On s'est également assuré, par la comparaison des observations antérieures au tremblement de terre avec les observations postérieures, que l'horizontalité de l'axe de la lunette méridienne n'a pas seulement changé de trois dixièmes de seconde de degré. La collimation du cercle mural est également restée constante.

Dans le département de l'Indre, une pendule, qui avait été arrêtée en février 1840, et religieusement laissée à l'heure où l'avait arrêtée une personne qui n'est plus, s'est remise en marche à la commotion la plus forte, celle de minuit et demi, et a sonné les heures.

On a aussi ressenti des secousses à Gonesse (Seine et Oise) et à Orléans, où le temps, très-lourd, paraissait chargé d'électricité. (C. R., t. XIII, p. 28, 80, 149 et 232; *l'Institut*, n[os] 394 et 396; M. U. et J. D., 8, 9, 10, 11 juillet.)

1841. — 17 juillet, à Cette, fort ras de marée. (C. R., t. XIII, p. 726.)

— 18 juillet, dans l'après-midi, à Gundelfingen (grand-duché de Bade) et à Freyburg (Forêt-Noire), trois secousses. (Lamont, *Annal für Meteor. und Erdmag.*, t. I, p. 162.)

— 24 octobre, à 2 h. 8 m. du soir, à Cologne, violent tremblement de terre, pareil à celui d'il y a trente ans; maisons ébranlées, murs fendus, cheminées renversées; durée, deux secondes avec bruit souterrain. Un vent chaud et désagréable avait régné tout le matin. (J. D.; Q. et M. U., 19 nov.; Ph., 26 nov.; A. Colla, *ibid.*)

— Nuit du 18 au 19 novembre, à Biarritz et sur toute la côte, depuis Boucau jusqu'à Hindaye (Pyrénées), tremblement de terre au plus fort d'une tempête épouvantable. (M. U., 30 nov.; Q. et Ph., 1[er] déc.; *Bulletins de l'acad. de Bruxelles*, t. IX, 1[re] part., p. 188; A. Colla, *ibid.*)

— 20 novembre. A Dôle (Jura), forte secousse, que je ne cite que sur l'autorité d'une lettre particulière.

— 2 décembre, à 8 h. 15 m. et 8 h. 30 m. du soir, à Lons-le-Saulnier (Jura), secousses assez fortes. A 8 heures moins quelques minutes du soir, on avait ressenti une violente secousse à Genève, où le temps avait été remarquablement chaud pour la saison.

Le 3, à 8 heures du matin, à Lyon, légère secousse, qui s'est manifestée par une oscillation de quelques secondes, et dont l'effet s'est parfaitement fait sentir.

A Vienne (Isère), la secousse a été plus forte; des meubles ont été renversés.

(M. U., 11 déc.; J. D. et Ph., 7 et 8 déc.; Q., 10 déc.; *Bulletins de l'acad. de Bruxelles*, t. IX, 1re partie, p. 191; A. Colla, *ibid.*; Lamont, *Annal.*, p. 165.)

1841. — 10 décembre, à Burgschloss, sur le Neckre (grand duché de Bade), double secousse très-forte. (Lamont, *Annal.....*, ibid.)

— 19 décembre, sur divers points du grand duché de Bade, plusieurs secousses. (*Gaz. de Milan*, 29 décembre; A. Colla, *ibid.*)

Bien que ressenties dans le duché, ces secousses doivent-elles figurer dans ce catalogue?

1842. — 5 janvier, à 5 h. 15 m. du matin, à Castellane (Var), une assez forte secousse; environ 10 minutes après, une secousse assez grande. (M. U., 19 janv.)

— Nuit du 6 au 7 octobre, à Dinan (Calvados), une secousse de 2 secondes, accompagnée d'un bruit sourd que quelques personnes ont pris pour un coup de tonnerre. Le ciel était dégagé de tout nuage, et la détonation se fit très-distinctement de bas en haut. L'oscillation semblait se diriger de l'est à l'ouest. (*National*, 10 octobre.)

— 13 octobre, le soir, à Coblentz, secousse avec grand fracas. A Neuwied, *l'ancienne maison du diable et la cuisine du diable* ont ressenti la secousse. (M. U., 20 oct.)

— 13 novembre, à Nantes, une secousse accompagnée de deux détonations. (M. U., 17 nov.; *Bull. de l'Acad. de Bruxelles*, t. X., n° 2., p. 16.)

1843. — 15 janvier, vers 4 heures du matin, à Strasbourg, deux légères secousses plus sensibles en rase campagne. (*Courrier Français*, 20 janv.)

— 17 mars, vers 1 h. et demie du matin, aux îles de Guernesey et de Jersey, plusieurs secousses avec bruit comme un roulement de voiture.

On les a ressenties sur plusieurs points du département de la Manche, où un phare a été éteint par la commotion. (*Ph.*, 19 mars; *la Presse; le Siècle; le Courrier Français*, 20 mars.)

— 25 mars, 7 h. 30 m. du matin, à Huningue (Bas-Rhin), une secousse; plus violente à Bâle. Dans cette dernière ville, l'horizon était couvert, le temps nébuleux et le vent frais. Le baromètre a baissé d'une ligne et la température est devenue plus basse. Quelques personnes assurent y avoir ressenti dès la veille quelques légères secousses. La secousse du 25 a aussi été très-forte dans le grand duché de Bade, où sa direction fut du sud-est au nord-ouest. (G. F., 30 mars; *le Courrier Français* du 31; *le National* des 30 mars et 1er avril.)

— 28 mars, à 10 h. 6 m. du matin, à Lunéville (Meurthe), une secousse dans la partie la plus élevée de la ville. Une maison de la rue Notre-Dame s'est écroulée. (*National*, 8 avril.)

— 31 mars, vers les 8 h. et demie du soir, à Bagnères, un bruit sourd a été.

dit-on, suivi d'une secousse qui a jeté partout l'épouvante. Le même jour, toute la ligne des Pyrénées était ravagée par un orage des plus violents. (*Courrier Français*, 7 avril; *National*, 10 avril.)

1843. — 6 avril, vers les 6 heures du matin, à Bois-le-Duc, secousses de l'est à l'ouest durant quelques secondes. On les a ressenties à La Haye, Grave, Bréda, Weghel, dans le Limbourg et à Maestricht. Des sonnettes ont sonné, des portes se sont ouvertes. Mêmes phénomènes quarante ans auparavant, un dimanche au soir (1804). Les secousses se sont étendues jusqu'à Bruxelles.

Perturbations magnétiques du 5 au 7, dans cette dernière ville. (*National* et Ph., 11 et 12 avril; *Bull. de l'acad. de Bruxelles*, an 1843, n° 5.)

— Nuit du 8 au 9 avril, en Suisse, quelques secousses dans les environs de Genève, avec perturbations magnétiques très-fortes. (*Bull. de l'acad. de Bruxelles*, an 1843, n° 5.)

— 21 avril, dans l'après-midi. Espèce de tremblement sous-marin dans la partie de la digue de mer près de Blockzyl. L'eau fut violemment agitée, et il s'éleva des jets d'eau lancés à 2 mètres de hauteur avec fracas, pendant 7 à 8 minutes. La surface est restée trouble et boueuse après le calme. Dans les deux jours précédents, on avait pris mille livres d'anguilles. (G. F., 1er mai; *National* du 3 et *Courrier français* du 9 mai.)

— 9 mai, à Louvie-Jouzon (Pyrénées), secousses horizontales dirigées de l'ouest à l'est. (*National*., et G. F., 18 mai.)

— 28 juin, à 9 h. 27 m. du soir, à Domezain, canton de St-Palais, dans le Pays-Basque, secousse assez forte pour qu'on fût balancé sur les chaises, même au rez-de-chaussée. Elle a duré 5 à 6 secondes. On l'a aussi ressentie à Bazas et à Bédous, dans la vallée d'Aspe, pendant 2 secondes. (G. F., du 6, *Courrier Français* du 7, *National* du 8 et Ph. du 9 juillet.)

— 16 juillet, dans les Pyrénées, une légère secousse suivie d'une chute de neige, à Perpignan, Eaux-Bonnes, Bayonne et au Canigou. Il est tombé de la neige aussi dans les environs d'Apt, près du Mont Ventoux et dans quelques localités des Basses-Alpes. (Ph., 30 juillet.)

— 28 juillet, à 4 h. 15 m., à Nantes, léger tremblement pendant quelques secondes. La trémulation très-sensible a été accompagnée d'un bruit semblable au roulement d'une lourde charrette. (Q., 31 juillet.)

— 6 septembre, à 9 h. 20 m. du matin, à Soulce, près de St-Hippolyte (Doubs), une forte secousse dans la direction du sud-est au nord-ouest. Au village, des meubles ont été dérangés et des habitants se sont sauvés dans la rue. (Ph., 15 sept.)

— 5 octobre, vers 9 heures du matin, à Château-Giron, une secousse de 2

secondes. Elle a été prise par les personnes qui étaient dans les maisons pour un fort coup de tonnerre, mais plusieurs laboureurs, qui en ce moment étaient aux champs, ont senti la terre trembler sous eux. De deux couvreurs qui travaillaient sur l'une des petites tours du château, l'un a trébuché et s'est rattrapé à son échelle, croyant avoir été poussé par son camarade, tandis que celui-ci avait lui-même failli tomber.

Le lendemain 6, vers 9 h. 30 m., une deuxième secousse plus forte a duré 40 secondes. Le bruit pouvait être comparé à celui d'une voiture lourdement chargée, qui eût marché du sud au nord.

On en a ressenti une seule sur les routes de Rennes, de Nantes, de Jeaugé et sur plusieurs points du département d'Ille et Vilaine, le jeudi 5, à 10 heures du soir, pendant 2 secondes, et une autre le lendemain. (*La Presse*, 11 oct.; Q., 12 oct.)

— Nuit du 9 au 10 octobre, à Vence (Var), tempête et ouragan épouvantables. Les dommages se sont étendus jusqu'à Nice.

Le 10, vers 3 heures du matin, une secousse de tremblement de terre se fit sentir, et c'est depuis ce moment que l'ouragan sembla avoir diminué pour ne cesser cependant que sur les 7 heures. (Q., 17 oct.; Ph., 20 oct.)

— 21 décembre, à 10 heures du soir, à Giromagny, Rougegoutte (Haut-Rhin) et une grande partie de l'Alsace, une assez forte secousse de 2 secondes. Elle a été précédée d'une clarté si vive qu'elle a effacé la lumière des chandelles. Dans la vallée de Munster, la lumière a embrassé tout l'horizon et égalé, dit-on, celle du jour; la secousse a été ressentie fortement. Dans certaines localités on n'a pas éprouvé de secousse, on n'a pas entendu de détonation, mais on a aperçu la clarté. (*National*, 29 déc.; Q., 30 déc.; Ph., janv. 1844.)

— 22 décembre, à 4 heures moins quelques minutes de l'après-midi, à Cherbourg, une secousse. On s'en est à peine aperçu en ville, mais elle a été très-forte dans tout le quartier des Mielles et de Tourlaville. On l'a ressentie aux environs de Saint-Malo, à peu près à la même heure. Plusieurs habitants de la commune de Taramé ont affirmé que leurs maisons avaient été fortement ébranlées. A Guernesey on a éprouvé une secousse très-forte (Ph., 16 janvier 1844.)

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Sans approcher de l'étendue de celui de la Péninsule Italique, ce catalogue est plus vaste encore qu'on aurait pu l'espérer; les commotions souterraines n'ayant pas, en France et en Belgique, les résultats désastreux qui désolent et ravagent d'autres contrées, n'ont pas dû être notées avec soin dans les siècles antérieurs; aussi n'ai-je pu faire de recherches avec assez de succès que dans les feuilles périodiques. Là, sans doute, je n'ai pas trouvé de descriptions aussi complètes sous le point de vue scientifique que je l'aurais désiré; cependant les circonstances essentielles de durée, de direction, etc., y sont souvent relatées d'une manière satisfaisante, et je ne doute pas qu'entre des mains habiles ce catalogue, malgré son imperfection, ne puisse conduire à d'heureuses inductions sur la nature et la cause du phénomène.

Quoique je ne veuille pas attaquer aujourd'hui la discussion sous ce point de vue, je ne puis m'empêcher de résumer les faits et d'en tirer quelques conséquences évidentes. Ainsi, en groupant les secousses par siècles et par mois, et ne regardant comme tremblement de terre distinct, comme phénomène unique, que les commotions qui, dans un même lieu, se sont succédé à un certain intervalle de temps, plus de huit jours, par exemple, sans qu'on ait rien ressenti dans l'intervalle, j'ai dressé le tableau suivant :

Tremblements de terre ressentis en France et en Belgique, depuis le commencement du IVe siècle de notre ère jusqu'à nos jours.

SIÈCLES.	AVEC DATES DE JOURS OU DE MOIS.												Avec dates de saisons.		Avec dates annuelles seulement.	TOTAL.
	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Hiver et automn.	Print. et été.		
IV	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
V.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	1
VI	»	»	»	1	»	1	»	»	»	»	»	1	»	»	3	6
VII.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
VIII	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
IX	4	2	1	2	»	»	»	»	3	1	»	4	3	»	1	21
X.	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	2
XI	»	1	2	»	2	»	2	»	1	3	2	1	»	»	2	16
XII.	3	»	1	2	2	1	»	1	»	»	»	1	»	»	1	12
XIII	1	1	1	»	»	1	1	»	1	»	»	1	»	»	2	9
XIV	1	1	1	1	2	1	1	»	2	1	2	»	1	1	6	21
XV	»	1	»	2	»	1	1	2	1	»	3	1	»	1	1	14
XVI	7	6	5	4	5	2	3	2	6	4	2	5	3	»	7	61
XVII	13	15	4	4	7	3	7	3	8	4	6	11	»	»	6	91
XVIII. . . .	26	20	17	26	11	18	17	15	13	18	23	28	1	»	4	237
XIX	27	17	21	13	13	8	15	17	15	17	21	25	1	»	1	211
	83	64	53	55	42	36	47	40	50	48	60	78	9	2	35	702
	Hiver . . 200			Printemps. 133			Été . . . 137			Automne. 186						

Ne sont pas compris dans ce tableau : 1° les tremblements de terre ressentis à Vienne (Isère), vers 468 ; ils paraissent s'être renouvelés pendant toute le carême, d'une manière violente, car on institua, dit-on, les Rogations dans l'espoir de faire cesser le fléau; 2° les secousses qui semblent avoir été générales en Europe, vers 750 ou 752; 3° les commotions qui, vers 1155, désolèrent la Bourgogne pendant trois hivers presque consécutifs; 4° les secousses qui, après avoir été continuelles à Vannes pendant quarante jours, se renouvelèrent en Bretagne pendant toute l'année 1286; 5° celles qui désolèrent Clans-

sayes et les villages voisins (Drôme) en 1772 et 1773; 6° enfin, celles qui furent ressenties dans toutes les communes du canton d'Oisans (Isère), durant l'hiver de 1838 à 1839, et qui paraissent avoir eu leur foyer en Maurienne. J'ai aussi rejeté trois tremblements de terre ressentis en Corse, comme se rattachant plutôt à l'Italie qu'à la France. Tous trois ont eu lieu en octobre et ne sont pas relevés non plus dans le tableau relatif à la Péninsule Italique. Mais j'en ai pris quelques-uns ressentis à Jersey et Guernesey, deux îles géographiquement françaises.

Durant la même période de temps, l'Italie, comme je l'ai dit, en présente 1134, non compris une dizaine de phénomènes complexes de plus d'un mois de durée, et l'Europe entière, augmentée des parties adjacentes de l'Afrique et de l'Asie, 3249 dont voici le résumé mensuel :

Janvier	314	Avril	222	Juillet.	205	Octobre.	238
Février	257	Mai	199	Août	223	Novembre. . . .	219
Mars.	236	Juin.	195	Septembre . . .	205	Décembre. . . .	287
Hiver.	807	Printemps. . .	616	Été.	633	Automne. . . .	744

Dans ce résumé ne sont pas compris :

1° 68 tremblements de terre cités avec dates de saisons seulement, dont 52 en automne et en hiver et 16 dans le printemps et l'été.

2° 381 tremblements donnés sans autre date que celle de l'année.

3° Enfin, environ 100 tremblements de terre, que leur durée plus ou moins longue excluait d'un résumé mensuel.

Nos contrées concourent donc pour une partie assez notable dans le nombre des secousses qui ébranlent si souvent encore le sol de notre vieille Europe. L'Italie, d'une étendue beaucoup moindre, nous en offre un nombre beaucoup plus grand; mais je dois remarquer que la presqu'île scandinave, bien que souvent agitée par des commotions souterraines, puisque dans la seule année 1827, on a compté, à Leuroë seulement, 26 jours marqués par des tremblements de terre, [1] ne m'en

[1] En voici les dates : 7 et 18 mars; 25 avril; 11, 13, 17, 18, 27, 28, 29, mai; 2, 3, 4, 5, 6 juin; 25, 26 septembre; 21, 23, 25 octobre; 22, 24, 29 novembre. En somme 37 secousses.

a présenté qu'un très-petit nombre, et le vaste empire de Russie un nombre beaucoup moindre encore, sans doute parce que je n'ai pas eu à ma disposition des sources où je pusse puiser.

Relativement au temps, les tremblements de terre ne paraissent pas se manifester toujours avec le même degré de fréquence. Sans parler des siècles passés dont nous ne pouvons rien savoir sous ce rapport, nous remarquons, depuis le commencement de celui-ci, deux années, 1811 et 1816, où il n'est fait mention d'aucune secousse comme ayant été ressentie dans nos contrées. La dernière, si malheureuse pour la France, où sévit la famine, n'en présente non plus qu'un bien petit nombre pour l'Europe entière (1815 en offre 11 et 1816, 9 seulement). Le manque de faits est-il réel où doit-il être attribué aux préoccupations des feuilles politiques, qui, commençant alors à se livrer à la discussion des affaires du temps, auraient négligé de mentionner le phénomène? Cependant elles sont pleines des récits des pluies continuelles qui régnèrent à cette époque. Quoi qu'il en soit, je ne pense pas qu'on puisse tirer aucune conséquence de ce rapprochement d'une année pluvieuse et marquée par une absence presque complète de commotions souterraines; on pourrait citer bien des exemples contraires, parmi lesquels il me suffira de rappeler l'année qui vient de s'écouler : elle a été l'une des plus fécondes en tremblements de terre dans nos contrées comme dans l'ensemble de l'Europe.

Dans ce mémoire, les années 1802, 1806, 1814 et 1818 présentent des faits nombreux, avec un indice de périodicité. Mais les années 1828 et 1829, puis 1837 et 1838, et enfin 1840, 1841 et 1843, plus fécondes encore en tremblements de terre, ne me paraissent montrer aucun signe de périodicité dans les recrudescences du phénomène. J'avouerai toutefois bien volontiers qu'un espace de 43 ans, sans observations suivies, est insuffisant pour se prononcer à cet égard.

Si l'on veut comparer entre elles, non plus les années entières, mais les diverses saisons, on arrive à des contrastes tranchés, et qui permettent d'en tirer des conséquences aussi curieuses qu'intéressantes pour la science.

En général, les tremblements de terre sont plus fréquents dans certaines saisons et même dans certains mois que dans d'autres.

Tel est le principe fondamental qui résulte avec évidence de mes recherches, et que le grand nombre de faits sur lesquels il se fonde rend incontestable. Je ne prétends pas toutefois le donner comme nouveau ; il est presque de croyance populaire en Amérique, et c'est même dans le but de vérifier cette opinion, énoncée par M. Arago dans les *Instructions de l'académie des sciences au commandant de la Bonite*, que j'ai entrepris ce travail il y a plus de trois ans. M. de Christol, mon collègue à notre faculté, me communiqua alors quelques notes manuscrites qu'il avait rédigées pour son cours de géologie, et me fit connaître les résultats du travail de M. le professeur Mérian sur les tremblements de terre ressentis à Bâle : ce fut pour moi un encouragement, et je me mis à l'œuvre, mais (je me hâte de le dire) sans système arrêté à l'avance. Depuis, j'ai retrouvé la même opinion dans Sonnerat et Legentil, relativement aux îles de la Sonde ; je l'ai revue ailleurs encore ; mais comme nulle part je n'ai trouvé de preuves à l'appui, qu'il me soit permis au moins de revendiquer le faible mérite d'avoir confirmé par une masse imposante de faits, un principe général qui doit servir de base aux théories futures, par lesquelles on cherchera désormais à expliquer le phénomène.

En représentant par 1 le degré moyen de fréquence mensuelle des tremblements de terre, celui de chaque mois s'obtiendra en divisant le nombre relatif à ce mois par la moyenne mensuelle ; en d'autres termes, je multiplie le nombre des tremblements ressentis dans un mois par 12, et je le divise par le nombre total des faits mentionnés avec dates de mois ; c'est ainsi qu'ont été obtenus les nombres consignés au tableau suivant :

Degrés de fréquence mensuelle des tremblements de terre en France et en Belgique, en Italie et en Savoie, en Europe et aux Antilles.

MOIS.	FRANCE et Belgique.	ITALIE et Savoie.	EUROPE entière.	ARCHIPEL des Antilles.
Janvier	1.32	1.21	1.33	1.02
Février	1.17	1.22	1.10	0.73
Mars	0.97	1.18	1.01	0.89
Avril	1.01	0.97	0.95	0.89
Mai	0.77	0.97	0.83	0.73
Juin	0.66	1.10	0.83	0.82
Juillet	0.86	0.79	0.88	0.89
Août	0.73	0.91	0.96	1.23
Septembre	0.91	0.73	0.88	1.43
Octobre	0.88	1.14	1.02	1.43
Novembre	1.09	0.76	0.94	1.09
Décembre	1.43	1.01	1.23	0.82

Ce tableau peut se représenter par quatre courbes que je désigne sous le nom de *courbes seismiques*, ou courbes de fréquence mensuelle des tremblements de terre. Comme dans toutes les applications de ce genre, le tracé graphique m'a paru plus propre que les nombres mêmes du tableau à présenter d'un coup d'œil la marche du phénomène dans l'ensemble des lieux dont je m'occupe.

La *fig.* 1 se rapporte à la France.
La *fig.* 2 id. à l'Italie.
La *fig.* 3 id. à l'Europe.
La *fig.* 4 id. aux Antilles.

Dans toutes ces courbes la ligne horizontale *ab* correspond au degré moyen de fréquence mensuelle.

En désignant par l'expression *variation ou oscillation seismique* la différence entre les ordonnées extrêmes de ces courbes ou la différence entre les degrés *maximum* et *minimum* de fréquence mensuelle,

on trouve que cette oscillation est respectivement représentée pour chaque courbe par les nombres 0,86 ; 0,49; 0,52 et 0,68. Malgré ses irrégularités, la courbe d'Italie est celle qui s'écarte le moins de la moyenne.

On remarque encore, dans le tableau et les courbes, des anomalies et des différences dont on ne peut guère espérer de trouver les causes que dans des influences locales.

Ferai-je un rapprochement qui ne paraît que curieux? C'est que la courbe seismique de l'Italie et celle de l'Europe présentent un *minimum* correspondant au mois de novembre, et qu'un certain nombre des *courbes barométriques* données par M. Dove, dans les *Annales de Poggendorff;* an 1843, n° 2, p. 177-201, offrent quelque chose d'analogue. Bien que ces courbes ne se rapportent pas exclusivement à l'Europe, ne pourrait-on pas soupçonner une relation cosmique entre les deux phénomènes? N'existe-t-il pas une relation entre les pressions atmosphériques et les marées?

Si l'on veut grouper les saisons par couples, on trouvera une expression générale et plus constante. Ainsi, on a en France, pour six mois :

Du 1er octobre au 31 mars (automne et hiver)	395	tremblements.
Du 1er avril au 30 septembre (printemps et été)	272	id.

or,

$$\frac{2}{3} \cdot 395 = 263,33;$$

et je trouve 272, ou un peu plus des deux tiers.

La même combinaison donne pour l'Italie :

Du 1er octobre au 31 mars.	568	tremblements.
Du 1er avril au 30 septembre.	470	id.

or,

$$\frac{4}{5} \cdot 568 = 454,4;$$

et je trouve 470, ou un peu plus des quatre cinquièmes.

Enfin, pour l'Europe, on aurait dans les mêmes périodes :

Du 1er octobre au 31 mars . . . . 1603 tremblements.
Du 1er avril au 30 septembre . . . . 1265 id.

or,

$$\frac{4}{5} \cdot 1603 = 1282,4 \text{ et } \frac{3}{4} \cdot 1603 = 1202,25;$$

et je trouve 1265, nombre compris entre les deux précédents.

En d'autres termes, en représentant par 1 le degré de fréquence du phénomène durant les six premiers mois, il sera représenté par 0,688607 pour les six derniers en France et en Belgique, par 0,827466 en Italie et en Savoie, et enfin par 0,789145 en Europe. Dans le premier mémoire présenté à l'académie, j'avais trouvé des rapports un peu moins forts.

Dans le cours de mes recherches, j'ai antérieurement trouvé relativement à l'Europe, la valeur 0,73237 dans les quinze premiers siècles, le nombre 0,73563 pour l'ensemble des quinze premiers siècles et de la première moitié de celui-ci; enfin le nombre un peu plus fort 0,74187 pour le dix-neuvième siècle pris séparément.

Ainsi, le nombre des faits ayant augmenté d'un tiers à peu près, ce rapport a augmenté de 0,05 environ, ou de un quinzième de sa valeur primitive.

Considérons enfin les quatre points critiques de l'année, les solstices et les équinoxes; nous aurons pour deux mois les nombres inscrits au tableau qui suit :

MOIS.	FRANCE et Belgique.	ITALIE et Savoie.	EUROPE entière.
Décembre et janvier (solstice d'hiver) . .	161	189	601
Juin et juillet (solstice d'été).	83	162	400
Mars et avril (équinoxe de printemps). .	108	182	458
Septemb. et octob. (équinoxe d'automne).	98	159	443

Le solstice d'hiver présente ici une prépondérance marquée. Pour les Antilles, c'est l'équinoxe d'automne qui paraît l'emporter.

Quant aux régions où, dans nos contrées, les tremblements de terre semblent être les plus fréquents, je placerai en première ligne, le bassin du Rhin et le bassin du Rhône, peu inférieur au premier. Viendraient ensuite les bassins de la Loire, de la Seine, de la Garonne et enfin de la Meuse. Je ferai néanmoins observer que je ne rapporte pas au bassin de la Garonne toutes les secousses qui ont ébranlé les Pyrénées, dont la chaîne, vu son peu d'étendue relative, me paraît être plus sujette aux commotions souterraines que toute autre région de la France et de la Belgique. Ramond y a compté *soixante-trois* tremblements de terre dans une seule année. (*Comptes-rendus de l'acad. des sciences*, t. I, p. 322 et 469.)

Parmi les localités peu étendues, on peut citer en première ligne les départements du Bas-Rhin et de l'Isère; puis ceux de Maine-et-Loire et de la Seine-Inférieure; viennent ensuite ceux de la Charente-Inférieure, des Bouches-du-Rhône, de Vaucluse et de la Loire-Inférieure. A l'exception des deux premiers qui se rapprochent de la Suisse où les tremblements de terre sont fréquents (comme le montre ce Catalogue, où la ville de Bâle est plus souvent citée que toute autre), il est à remarquer que les autres se trouvent sur les côtes ou peu éloignés des bords de la mer. Si souvent ébranlé dans les siècles antérieurs, le sol de Mayence paraît s'être raffermi dans celui-ci, durant lequel les secousses sont devenues plus fréquentes à Coblentz et à Cologne.

Il est certains lieux où les secousses, très-fréquentes à une certaine époque, paraissent ne s'être renouvelées que rarement. Sans parler de Vienne, dans le département de l'Isère, où les commotions nombreuses vers le milieu du cinquième siècle se sont assez souvent répétées dans la suite, on peut citer Mayence, comme je viens de le dire; la Bourgogne, qui paraît avoir été agitée pendant trois hivers consécutifs, vers le milieu du douzième siècle; la Bretagne dont j'ai déjà rappelé les nombreuses secousses en 1286; enfin le village de Clanssayes, dans le département de la Drôme, où les secousses, si

fréquentes en 1772 et 1773, paraissent constituer un phénomène unique et isolé qui ne s'est plus renouvelé.

Du reste, c'est ainsi qu'en Maurienne, où les tremblements de terre sont assez rares, surtout relativement à ceux qu'éprouvent la Suisse et la Haute-Italie, le sol a été dans une oscillation presque continuelle durant quinze mois de ces dernières années, comme le montre l'extrait suivant d'un mémoire que je dois à l'obligeance de monseigneur Alexis Billiet, archevêque de Chambéry.

Du 19 décembre 1838 au 18 mars 1840, il y a eu 52 jours dans lesquels la terre a tremblé en Maurienne. Monseigneur Billiet n'a pas compté moins de 109 secousses. Les divers jours de tremblement se répartissent ainsi :

Janvier	2	Avril	3	Juillet	0	Octobre.	5
Février	3	Mai.	4	Août.	0	Novembre. . . .	1
Mars	18	Juin	3	Septembre. . . .	0	Décembre . . .	13
Hiver	23	Printemps . .	10	Été	0	Automne . . .	19

Le savant prélat fait observer que les tremblements de terre, après avoir été fréquents durant les mois de février, mars, avril et mai, cessèrent totalement aux mois de juillet, août et septembre, pour recommencer à ceux d'octobre, novembre et décembre. L'année 1839, dit-il encore, a été remarquable par une grande sécheresse. On a été sans pluie en Savoie pendant 80 jours. Durant ce temps on n'a presque pas observé d'électricité atmosphérique; au mois de septembre, au contraire, les pluies ont été abondantes et accompagnées de beaucoup d'électricité.

Eh bien! à Clanssayes, après quelques secousses le 8 juin 1772 et dans le reste du mois, on n'éprouva plus rien en juillet, août, septembre et octobre. Elles recommencèrent le 1er novembre, et furent plus fortes dans les deux premiers mois de 1773; puis du 25 février au 1er juin suivant, on ressentit quelques ébranlements légers qui se renouvelèrent le 7 juillet. De ce jour au 13 octobre, on n'éprouva plus

rien. Le 13, les secousses recommencèrent et finirent en décembre. L'analogie dans l'interruption du phénomène durant les mois d'été est donc frappante. Il est vrai que M. Faujas de St-Fond fait observer qu'à partir du 25 février 1773, époque à laquelle les secousses devinrent plus rares à Clanssayes, elles augmentèrent de violence dans les environs; mais les mois d'été n'ont pas moins présenté une première interruption comme dans le phénomène de 1839, et d'ailleurs il y a eu déplacement du foyer d'activité principale, comme on en remarque un indice dans les tremblements de Maurienne; car, tandis qu'on ne ressentait plus rien dans ce pays, la terre a tremblé plusieurs fois à Annecy, dans le courant du mois d'août, principalement les 7, 8, 9, 11, 16 et 27.

Quant aux apparitions concomitantes de phénomènes électriques, on peut se rappeler ce qu'observa Faujas de St-Fond à Tulette. Mgr. Billiet pense aussi qu'il y a eu de l'électricité mise en jeu dans les tremblements de terre de Maurienne. Enfin, dans les deux localités, *le bruit a constamment ou à peu près constamment précédé les secousses*, dont la direction a toujours aussi été la même : à Clanssayes de l'ouest à l'est, en Maurienne du nord-ouest au sud-est.

Si je me suis étendu aussi longuement sur des secousses qui paraissent étrangères à ce mémoire, c'est non-seulement parce que j'ai trouvé des rapports frappants entre les deux phénomènes, mais encore parce que les tremblements de terre de Maurienne se sont étendus en France, au moins en partie, comme le prouve la lettre adressée le 15 avril 1839, à monseigneur Alexis Billiet, alors évêque de Maurienne, par M. l'abbé Barruel, recteur de Vausany, dans le diocèse de Grenoble. (En voir un extrait sous la date du 26 mars 1839.)

Nous remarquerons encore que le bruit a toujours précédé les secousses, et que leur direction, coupant d'ailleurs à angle droit celle qu'on a observée en Maurienne, a été constamment la même.

Nous venons de voir dans trois localités différentes les secousses suivre une direction variable de l'une à l'autre, mais constante pour chacune d'elles, pendant toute la période de temps durant laquelle

elles se sont renouvelées. En sera-t-il de même pour celles qui les ont précédées ou qui les suivront à de longs intervalles? En d'autres termes, les secousses ont-elles toujours, dans une même localité, la même direction? Dans un même bassin ou une même chaîne de montagnes, ont-elles toujours la même orientation soit absolue, soit relative à celle de la chaîne ou du bassin?

On serait porté à répondre affirmativement; les circonstances qui accompagnent les tremblements de terre étant en général les mêmes, on est tenté d'en rapporter toutes les secousses à une cause unique, et dès lors l'identité des effets qui ne varient guère que par l'intensité, paraît évidente. D'ailleurs, Ramond, qui a tant et si bien exploré les montagnes des Pyrénées, dit que la direction des secousses y est toujours celle de la chaîne. Qu'on me pardonne de transcrire ici textuellement ce qu'il a imprimé sur ce sujet dans le tome XII du *Journal des mines*, pages 95 et 96.

« J'ai éprouvé moi-même, dit ce savant, un grand nombre de » commotions, dont plusieurs assez fortes pour mettre en péril de » vieux édifices et renverser des cabanes peu solides. Elles sont plus » communes en certaines années que dans d'autres, plus au printemps » et en automne qu'en été et en hiver, plus surtout après les grandes » pluies de l'arrière-saison, qui pénètrent plus profondément la terre, » parce que la végétation est sur son déclin et n'a plus la force d'as- » pirer l'humidité. Alors j'ai ressenti jusqu'à dix ou douze secousses » dans l'espace d'une nuit, et je me suis parfaitement assuré que, » quoique les oscillations eussent communément lieu dans le sens du » nord au midi, cependant la propagation se faisait dans le sens de » la chaîne, en sorte que tous les terrains, successivement ébranlés, » se trouvaient réellement sur le même parallèle. Cette apparente » contradiction est facile à expliquer; une explosion qui parcourt » une file de cavités éloignées, doit exercer toute son énergie sur leurs » parois latérales, et leur imprimer des mouvements de vibration » qui les écartent et les rapprochent dans une direction qui croise à » angles droits la ligne de propagation. J'ai encore reconnu que Ba-

» gnères n'était pas ordinairement le lieu le plus fortement ébranlé, » et que le *maximum* de l'ébranlement correspondait toujours à » quelque point plus occidental. Je me suis assuré en outre que la » plaine adjacente était rarement affectée de ces commotions, et ne » recevait que des *arrière-secousses* dans les tremblements de terre » les plus considérables. Ces agitations reconnaissaient de semblables » limites du côté des montagnes primitives, où elles sont aussi rares » qu'elles sont fréquentes dans les montagnes secondaires. Là s'élève » le *pic du Midi*, qui a près de trois mille mètres de hauteur absolue » et plus de mille de hauteur relative. J'y suis monté dix-huit fois, et » souvent à l'époque des tremblements de terre, avec le désir de re- » connaître si cette cime aiguë et isolée participait aux ébranlements » excités dans les montagnes qui couvrent ses bases. Deux fois je me » suis trouvé au sommet précisément à l'instant où l'on éprouvait au » nord diverses commotions; ce sommet est demeuré immobile, et je » n'ai rien ressenti.

» Au reste, le sol primitif a aussi ses tremblements de terre, et or- » dinairement ils se renferment de même dans les limites du chaînon » auquel ils appartiennent. Ceux que j'ai été à portée d'observer, » parcouraient la *parallèle sur laquelle* se trouvent Barèges, S[t]-Sau- » veur, Canterès, les Eaux-Bonnes et les Eaux-Chaudes. Ils procé- » daient évidemment des mêmes foyers où se minéralisent et s'échauf- » fent ces diverses sources. Dans les montagnes de cet ordre, il y a » peu de cavernes. »

J'ai cité textuellement; suivant cet auteur, les secousses se propagent toujours dans le sens de la chaîne, mais les oscillations ont lieu communément dans le sens nord-sud, c'est-à-dire, suivant une direction perpendiculaire à celle du mouvement de propagation. Nous devons donc ici nous en rapporter à l'habile observateur, qui parle d'après des faits dont il a lui-même été témoin. Il est regrettable, cependant, qu'il ne les décrive pas et ne nous initie point à la discussion à laquelle il les a soumis; car bien que du petit nombre de tremblements de terre inscrits dans ce mémoire avec la circonstance

explicite de la direction des secousses, on puisse tirer la même conclusion, le sens de la chaîne et la direction de l'ouest à l'est étant le plus souvent mentionnés, rien là ne justifie l'hypothèse de ces cavernes dont les parois latérales sont ébranlées d'un mouvement vibratoire. Dans les idées de Ramond, la direction des secousses devait être toujours la même; pour lui, le foyer d'impulsion étant invariablement fixé à l'extrémité occidentale de la chaîne, dans le département des Basses-Pyrénées, l'effet devait être constant; mais le principe est-il fondé? est-il certain? et s'il ne l'est pas? si la cause n'agit plus dans un point unique et invariable, que deviennent les conséquences? N'étant pas en général initiées à cette distinction aussi délicate qu'importante, les personnes qui ont rapporté les secousses et leur direction n'ont fait qu'énoncer une impression rapide et presque instantanée; elles ont parlé du mouvement qu'elles ont reconnu au sol, mais sans vouloir indiquer la direction où se trouvait le centre d'ébranlement. Nous ne ferons nous-même que constater le fait, en attendant de nouvelles et de plus exactes observations. D'ailleurs, n'oublions pas qu'on trouve aussi dans ce catalogue toutes les autres directions intermédiaires, par exemple, celles du nord-ouest au sud-est, et celles du sud-ouest au nord-est.

Hâtons-nous toutefois de proclamer l'exactitude de sa proposition sur les divers degrés de fréquence du phénomène dans les différentes saisons. Contrairement à ce qui a lieu dans l'ensemble de la France et de la Belgique, dans les Pyrénées les tremblements de terre sont aussi ou même plus fréquents en été qu'en hiver, aussi communs au printemps qu'en automne, et le nombre des faits qui ont lieu dans les deux premières saisons est à peu près au nombre relatif aux deux autres comme 2 : 3.

Dans les quatre grands bassins du Rhône, de la Seine, de la Loire et de la Garonne, on trouve les directions orthogonales des méridiens et des parallèles mentionnées à peu près le même nombre de fois; il n'y a que celui du Rhin qui présente plus souvent la direction nord-sud ou celle de la vallée. D'ailleurs, des commotions simultanées dans des

lieux assez peu éloignés les uns des autres ont été remarquées plus d'une fois comme affectant des directions rectangulaires entre elles. Néanmoins, il paraît qu'on peut dire en général que les ébranlements suivent le sens des vallées et des chaînes de montagnes, ou les coupent orthogonalement. Mais le mouvement de propagation affecte-t-il la première ligne? La seconde n'appartient-elle qu'au mouvement oscillatoire? Double question qu'il ne m'est pas permis de résoudre encore.

Quelque peu exactes, quelque peu sûres que soient les directions indiquées comme étant celles des secousses, j'ai cru cependant devoir les comparer entre elles. Pour effectuer cette comparaison, j'ai pris seulement les huit rhumbs principaux de la rose des vents dans le relevé des citations qui se trouvent consignées dans ce mémoire, puis divisant leur nombre 149 par 8, j'ai eu la moyenne, par laquelle j'ai divisé le nombre absolu mentionné pour chaque rhumb. C'est ainsi que j'ai obtenu les nombres inscrits au tableau suivant :

DIRECTIONS DES SECOUSSES.	RAPPORTS.
Du nord au sud	1.50
Du nord-est au sud-ouest	0.45
De l'est à l'ouest.	1.88
Du sud-est au nord-ouest	0.59
Du sud au nord	1.02
Du sud-ouest au nord-est.	0.96
De l'ouest à l'est.	0.91
Du nord-ouest au sud-est.	0.69

En ne tenant pas compte du sens du mouvement, mais en groupant ensemble les directions opposées, de manière à les rapporter à quatre lignes rectangulaires deux à deux et faisant entre elles des angles de 45°, on obtient les résultats suivants, la moyenne étant 1, comme dans le tableau précédent.

DIRECTIONS DES SECOUSSES, abstraction faite du sens du mouvement.	RAPPORTS.
Du nord au sud et du sud au nord	1.26
Du nord-est au sud-ouest et inversement . .	0.70
De l'est à l'ouest et de l'ouest à l'est	1.40
Du sud-est au nord-ouest et *vice versa* . . .	0.64

Ces tableaux peuvent se représenter graphiquement par des courbes que je désignerai sous le nom de *roses seismiques*, fig. 5 et fig. 6, où les lignes *ab*, parallèles aux abscisses, correspondent à l'ordonnée moyenne.

Dans la fig. 5, le rhumb inscrit au pied des ordonnées est celui d'où venait, ou mieux, d'où semblait venir le mouvement.

Dans la fig. 6, les ordonnées correspondant à deux directions opposées, seraient les demi-sommes des ordonnées de la fig. 5, si je n'avais pas eu quelques directions données sans origine à y ajouter.

J'ai aussi tracé ces courbes en coordonnées polaires; ce système paraît plus naturel que le premier. Mais les lignes ainsi obtenues étant peu gracieuses, je me dispenserai de les construire ici.

J'ai appliqué les mêmes calculs à l'Italie et à l'Europe ; l'Italie présentant 110 citations et l'Europe 424. C'est ainsi que j'ai dressé le tableau qui suit :

DIRECTIONS DES SECOUSSES, en tenant compte du sens du mouvement.	ITALIE.	EUROPE.
Du nord au sud	1.09	1.28
Du nord-est au sud-ouest	0.94	0.69
De l'est à l'ouest.	2.25	1.74
Du sud-est au nord-ouest.	0.94	0.69
Du sud au nord	1.09	1.15
Du sud-ouest au nord-est	0.51	0.95
De l'ouest à l'est	0.87	0.85
Du nord-ouest au sud-est	0.29	0.66

DIRECTIONS DES SECOUSSES, abstraction faite du sens du mouvement.	ITALIE.	EUROPE.
Du nord au sud et du sud au nord	1.09	1.22
Du nord-est au sud-ouest et inversement . .	0.75	0.76
De l'est à l'ouest et de l'ouest à l'est	1.56	1.50
Du sud-est au nord-ouest et *vice versa* . . .	0.62	0.88

Ces tableaux sont représentés fig. 7 et fig. 8 pour l'Italie, fig. 9 et fig. 10 pour l'Europe.

Enfin les fig. 11 et 12 forment des tableaux d'assemblage des courbes déjà tracées, et permettent de suivre plus facilement leur marche relative.

Maintenant, si nous regardons la cause du mouvement dans un sens déterminé comme proportionnelle en intensité au nombre de fois que les secousses ont eu lieu dans ce sens, ou comme représentée par les nombres inscrits aux tableaux précédents, et que nous composions ces nombres comme des forces, nous trouverons une résultante dont la situation pourra être regardée comme la direction moyenne des tremblements de terre dans chaque région. C'est ainsi qu'a été dressé ce dernier tableau :

RÉGIONS.	DIRECTION de la résultante.	INTENSITÉ de la résultante.
France et Belgique.	N. 71°27′ E.	0.55
Italie et Savoie.	N. 94° 9′ E.	2.15
Europe	N. 94°42′ E.	0.74

Pour interpréter les nombres inscrits dans la troisième colonne, il suffit de se rappeler ce que représentent ceux des tableaux précédents. On verra ainsi que sur huit cents tremblements de terre, il y en a :

En France . . . . 55 dirigés du N. 71°27′ E, au S. 71°27′ O.
En Italie . . . . 215 dirigés du N. 94° 9′ E, au S. 94° 9′ O.
En Europe . . . . 74 dirigés du N. 94°42′ E, au S. 94°42′ O.

Cette direction moyenne paraît varier avec le temps ; elle n'est plus dans ce siècle ce qu'elle était dans le précédent. Son mouvement angulaire m'a même paru être en relation avec le mouvement angulaire de la direction moyenne des vents ; mais je ne puis aujourd'hui établir aucun rapport simple sur ce sujet, aussi curieux qu'important, et que je me propose d'étudier encore.

Quant aux circonstances qui accompagnent le phénomène, aux apparitions météorologiques qu'on a remarquées simultanément, je n'y vois rien de particulier. Moins désastreux que dans d'autres régions, en Italie, par exemple, les effets des secousses se sont cependant étendus sur de vastes contrées, et souvent on les a observés à de grandes profondeurs, v. g., au fond des mines. Ainsi, M. l'ingénieur Lefort a fait une observation curieuse sous ce point de vue.

Extrait du bulletin de service du puits foré de Grenelle. — « L'eau » ayant monté une grande quantité de vase et de sable pendant la » nuit du 23 au 24, la cuvette s'était abaissée et avait fait fermer la » soupape de distribution. Le 24, au soir, l'eau était revenue claire » et ne montait presque plus de sable. » (C. R., t. XVIII, p. 49.)

Le 22 décembre 1843, vers 4 heures du soir, c'est-à-dire moins de deux jours avant l'observation de M. Lefort, il y avait eu un tremblement de terre à Cherbourg et aux environs. Cependant, il est remarquable que des hommes qui travaillaient dans les mines de l'île de Sark, à plus de 400 pieds de profondeur, n'ont rien entendu, rien ressenti du choc, quoique au-dessus de leurs têtes la commotion eût causé de grandes alarmes. Le chauffeur de la machine à vapeur de ces mines a remarqué que le piston frappait avec une grande violence, et il pensait que le générateur était brisé.

Je m'arrête ; je ne crois pas devoir discuter complétement la question. Ce mémoire est déjà bien long pour être présenté à une société savante, et la discussion générale du phénomène doit se fonder sur un certain nombre de mémoires particuliers non encore rédigés.

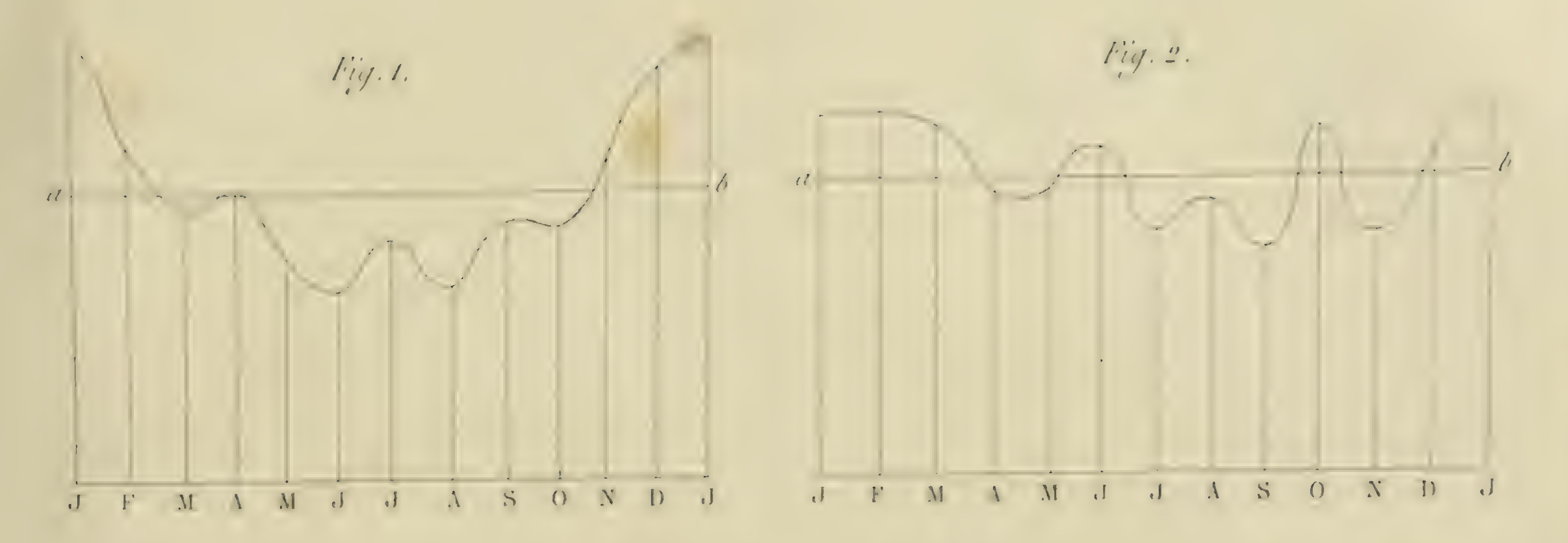
Cependant je ne puis pas m'empêcher de citer un dernier fait, contraire à une opinion bien répandue. On croit généralement que les

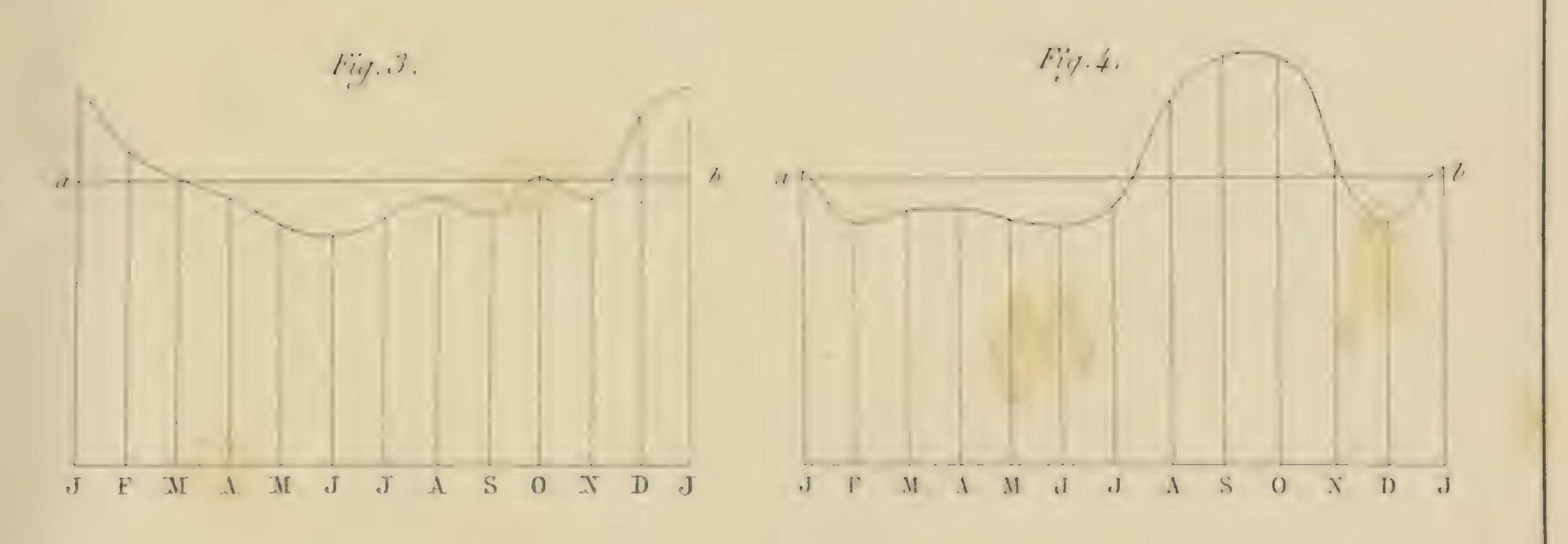
tremblements de terre sont excessivement rares dans nos contrées. Eh bien! depuis 1834 inclusivement, nous avons éprouvé, terme moyen, sept ou huit tremblements de terre chaque année. Durant la même période, l'Italie en a ressenti annuellement quinze ou seize, c'est-à-dire un nombre double, et l'Europe au moins quarante.

Qu'il me soit permis, en finissant, d'adresser mes remercîments aux personnes qui ont bien voulu s'intéresser à mon travail, et principalement au savant et bienveillant secrétaire perpétuel de l'académie de Bruxelles, à M. Quetelet, dont les conseils affectueux et les communications nombreuses doivent lui rapporter une bonne part de l'intérêt que peut offrir ce mémoire, ainsi qu'à un jeune savant, bien connu de l'académie, à M. Aug. Bravais, qui a eu l'obligeance de me communiquer plusieurs renseignements.

Puisse ce travail, que je crois intéressant encore pour la statistique de la France et de la Belgique, mériter les suffrages du corps savant auquel j'ai l'honneur de l'adresser.

FIN.


Fig. 1.
a
b
J F M A M J J A S O N D J
Fig. 2.
a
b
J F M A M J J A S O N D J


Fig. 3.
a
b
J F M A M J J A S O N D J
Fig. 4.
a
b
J F M A M J J A S O N D J



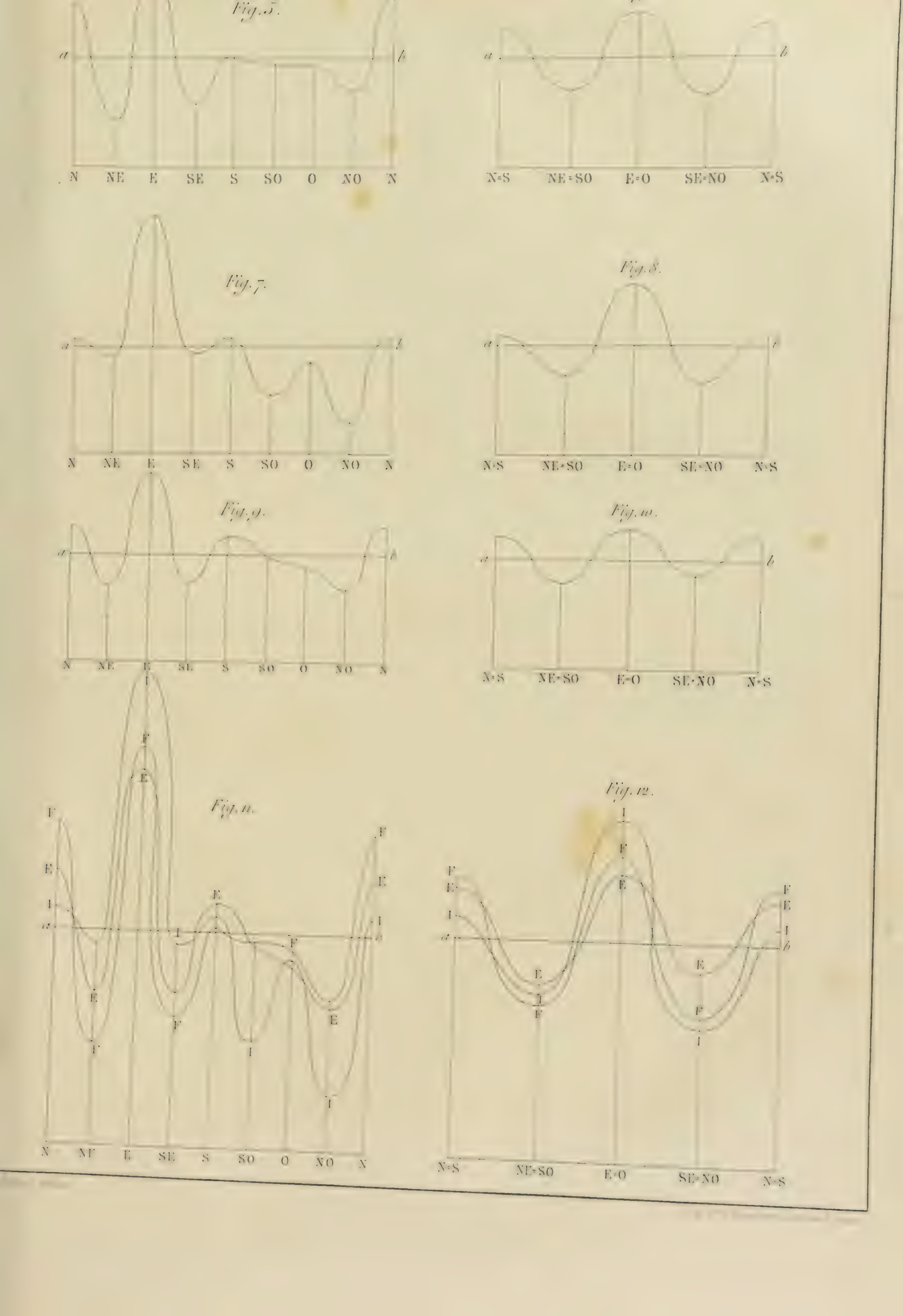


Fig. 5.
a
b
N
NE
E
SE
S
SO
O
NO
N
N=S
NE=SO
E=O
SE=NO
N=S
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
F
E
I



NOTE

SUR

LA FORMATION DE LA GLACE

DANS LES EAUX COURANTES;

PAR

M. Désiré LECLERCQ.

—

(Présenté à la séance du 14 décembre 1844.)

NOTE

SUR

LA FORMATION DE LA GLACE

DANS LES EAUX COURANTES.

L'hiver de 1840-41 a compté à Liége trois époques différentes de gelées. La première, qui a été la plus rigoureuse, fut remarquable par des jours très-clairs, des rayons solaires fort éclatants, des nuits transparentes et des étoiles des plus brillantes; elle commença le 3 décembre et finit le 28 du même mois. Pendant toute cette durée, la température de l'atmosphère s'est maintenue toujours en dessous de 0, son intensité moyenne a été de — 8°,7 R., son intensité *maximum*, pour l'intérieur de la ville, de — 15° R., et pour l'extérieur de — 17°. Un froid aussi fort détermina la congélation de l'Ourte et de la Vesdre dans toutes leurs ramifications; la Meuse était fermée dans les parties supérieures depuis Huy jusqu'à Ougrée, et depuis cet endroit jusqu'à Hermalle sous-Argenteau, elle coulait librement en traversant la ville de Liége. Ses eaux présentaient une couleur vert-bouteille, et dans les endroits où elles n'avaient que quelques décimètres de hauteur, elles

étaient très-transparentes; leur température [1] observée à plusieurs reprises dans des endroits différents, à des profondeurs plus ou moins grandes et au fond même, indiquait toujours 0° au thermomètre.

Pendant cette première époque, mon attention sur la formation de la glace sous l'eau fut excitée par un phénomène trop remarquable pour ne pas le décrire dans tous ses détails. Ce phénomène eut lieu au Pont-des-Arches, dont les voûtes, d'une largeur de 14 mètres, vont en s'agrandissant et en s'élevant des culées vers le milieu, car elles ont respectivement 15, 18 et 20 mètres de corde. L'axe du pont, dans le sens de sa longueur, est tellement placé par rapport au méridien, qu'il n'est éclairé à plein que dans l'après-dînée et que les ombres, portées par les intrados de la face constamment éclairée, s'arrêtent sous les voûtes depuis le matin jusqu'à une heure environ pour les plus petites voûtes, puis en dehors pendant un certain temps; après elles reparaissaient en dessous dans des directions contraires. Ce retour est assez long pour les grandes voûtes, moindre pour les moyennes, de peu de durée pour les plus petites. Ces ombres, portées en partie par les arêtes verticales des éperons des piles, formaient à leur ligne de séparation avec la lumière un jeu d'ombre et de lumière qui s'étendait jusqu'au lit du fleuve. Dans l'espace que ce jeu avait parcouru depuis 11 heures jusqu'à 1, il s'était formé, pour chaque voûte, un banc de glace qui traversait le fleuve d'une pile à l'autre, partait du fond pour s'élever (au 28 décembre) à 40 centimètres environ au-dessus de la surface des eaux en aval, et servait de déversoir aux eaux affluentes. Chaque banc avait à peu près la forme d'un prisme triangulaire ren-

[1] L'appareil dont je me suis servi consistait en une petite caisse en fer-blanc, ayant la forme d'un parallélipipède rectangle tronqué; comme une des faces était en verre, on pouvait observer sous l'eau un thermomètre fixé dans l'intérieur. Un petit tuyau, établissant une communication de l'intérieur à l'air libre, était fixé à une tige de bois, à laquelle on avait assujetti la caisse. Un robinet placé à la partie inférieure, qu'on manœuvrait à l'aide d'une tige, servait à remplir et à vider le vase; un flotteur indiquait l'arrivée de l'eau à la paroi supérieure. Alors on fermait et on laissait ensuite séjourner l'appareil pendant un temps assez long; au moment de l'observation, on amenait rapidement le vase près de la surface des eaux; avant de le plonger et de le remplir, on le laissait prendre près de la surface la température du liquide ambiant.

versé sur une de ses faces latérales. Cette face, en comptant depuis les intrados éclairés et dans le sens de la largeur du pont, s'étendait sous les plus petites voûtes depuis le milieu du troisième quart jusqu'au milieu du quatrième, pour les moyennes du commencement du quatrième quart jusqu'à $0^m,50$ en dehors de l'intrados non éclairé, pour les plus grandes du milieu du quatrième quart jusqu'à $2^m,25$ de la même courbe. Quant aux deux autres faces de chaque prisme, celle à l'opposite du courant était à peu près perpendiculaire au fond de l'eau, tandis que la troisième faisait avec ce dernier un angle de 25 à 30 degrés.

En dehors du pont, on observait çà et là des formations semblables, tout à fait isolées, dont les dimensions étaient à peu près les mêmes que celles des plus petits bancs; elles s'étaient developpées comme les précédentes, dans l'espace qui avait été occupé entre 11 h. et 1 h. par le jeu d'ombre et de lumière porté au fond du lit par l'arête supérieure du parapet du pont; enfin elles présentaient même forme et même disposition par rapport au courant. Ce caractère particulier au gisement contrastait avec l'absence complète de ces glaces soit dans la partie du lit constamment ombragée par le pont, soit dans la partie constamment éclairée par le soleil sans alternative d'ombre, quoiqu'elles renfermassent des endroits réunissant les conditions de hauteurs d'eau et de nature de lit propres à ces sortes de formations.

D'après ce qu'on vient de lire, on demandera peut-être pourquoi il n'y avait pas de bancs de glace tout le long de l'ombre portée par le parapet? C'est aussi la question que je me suis adressée, et comme il était à présumer que la hauteur de l'eau n'était pas sans influence sur le phénomène, la mesure en fut prise tout le long de l'ombre portée par le parapet et dans tous les endroits où il s'était formé de la glace sous l'eau : on a trouvé que là où le phénomène ne s'était pas manifesté l'épaisseur de la lame d'eau variait de $4^m,20$ à 1,10, et que dans les localités où il avait lieu la hauteur du liquide variait de $0^m,30$ à 0,75.

Tous les bancs étaient d'un beau blanc; les parties en dehors de l'eau étaient recouvertes d'une couche compacte; le reste présentait une surface mamelonnée, dont la texture avait beaucoup d'analogie avec

le chou-fleur; sous l'eau ils avaient un aspect blanc verdâtre; l'intérieur était d'une cristallisation confuse, d'un aspect neigeux; ils reposaient tous sur un fond très-résistant, dont les cailloux présentaient un volume assez considérable; la vitesse de l'eau mesurée à l'aide des procédés connus était de 1 mètre 10 centimètres par seconde.

Le 28 décembre, vers trois heures de l'après-dînée, la température changea instantanément; le thermomètre à l'air libre marquait + 2° R., le baromètre qui le matin indiquait $0^{m},759$ était descendu à 0,75; le temps était toujours au beau et resta le même pendant huit jours consécutifs, et à peu près dans les circonstances de température et de pression que nous venons de mentionner. Le 28 même, de 3 à 4 $\frac{1}{2}$ heures, la Meuse charriait des amas plus ou moins nombreux de boules qui avaient beaucoup d'analogie avec des boules de neige; leur diamètre variait de $0^{m},07$ à $0^{m},10$; en descendant elles se maintenaient à distance et formaient entre elles une courbe fermée. En remontant le fleuve, j'ai remarqué que ces boules provenaient de la partie du lit située derrière Saint-Jacques; leur apparition au-dessus de la surface de l'eau était précédée par un bouillonnement; des couches d'une glace très-poreuse et recouvrant les cailloux leur donnaient naissance; le fond d'où elles se détachaient était à une profondeur variable, et renfermé entre 0,65 et 0,90, et se trouvait entre les limites extrêmes occupées par l'origine de l'ombre projetée par une rangée d'arbres qui se trouve sur l'île Renoz; en cet endroit l'eau possédait une vitesse de 2 mètres; à des profondeurs supérieures aux précédentes, les cailloux ne présentaient aucune trace de congélation. Dans la nuit du 28 au 29, les bancs formés aux abords du Pont-des-Arches s'étaient complétement détachés du fond et avaient été entraînés par le fleuve. Comment se fait-il que quelques quarts d'heure de changement de temps suffisent pour enlever les couches de glaces des surfaces des cailloux auxquelles elles adhèrent, et quelques heures seulement pour faire disparaître des bancs qui ont résisté à des pressions d'eau dont la hauteur totale s'élevait à $1^{m},20$? Doit-on attribuer ce phénomène aux changements survenus dans la température et la pression atmosphérique, ou bien à des

changements survenus dans les arrangements moléculaires, qui, comme on le sait, sont des conséquences des premiers? Ce sont des questions que je n'ai pu résoudre.

La seconde époque de gelées commença au soir, le 5 janvier 1841, elle dura neuf jours; pendant toute sa durée le temps fut des plus beaux; le baromètre s'est maintenu à des hauteurs qui différaient fort peu en plus ou en moins de $0^{m},758$; la température a donné pour intensité moyenne — $5\frac{1}{2}^{o}$ R., pour *maximum* — 9° pendant le jour et — 11° pendant la nuit. Décidé à continuer mes observations, je dirigeai mon attention sur les divers bras de l'Ourte, qui se trouvait totalement débarrassée de ses glaces; d'abord parce qu'ils différaient entre eux dans leurs circonstances, ensuite parce que les eaux y coulaient sous des vitesses très-variables.

Comme on pourrait penser que la formation de la glace sous l'eau était le résultat du contact des cailloux avec des aiguilles de glace amenées au fond par le mouvement des eaux (aiguilles flottantes qui se forment en quantité innombrable soit à la surface des eaux tranquilles, soit à la surface des eaux des réservoirs qui alimentent beaucoup de roues hydrauliques placées sur l'Ourte, et dont l'excédant s'écoule en entraînant les aiguilles par des déversoirs), j'ai fait placer, pour vérifier cette conjecture, sur un bras de l'Ourte d'une largeur de 12 mètres, un bateau en travers du courant et à une distance de 400 mètres du confluent avec la Meuse; j'ai fait soulever à l'aide de crics la face du bateau opposée au courant, de manière que le fond, en plongeant par un de ses côtés dans l'eau, formait une vanne inclinée; dans cet endroit l'épaisseur du courant variait de $0^{m},30$ à $0^{m},55$. L'eau étant ainsi forcée de passer sous cette vanne, entraînait la glace qui flottait; ainsi bien des aiguilles devaient venir en contact avec le lit de la rivière. Ensuite, par un système de barrage, j'ai amené la glace qui arrivait des parties supérieures à flotter seulement sur le bras où j'avais établi le bateau-vanne; comme les autres ramifications en étaient totalement privées, je pouvais m'assurer si le phénomène était indépendant de toute formation antérieure. Le système de barrage consistait en plusieurs bateaux,

retenus à la même rive, placés parallèlement de distance en distance, pesamment chargés pour qu'ils descendissent jusqu'au fond, et maintenus obliquement par rapport au courant, sans barrer complétement la rivière, afin de laisser une issue par où les eaux et ce qui flottait pouvaient s'échapper.

Dès le second jour, c'est-à-dire le lendemain dans l'après-dînée, la rivière charriait de la glace tout à fait identique avec celle qui se forme au fond de l'eau courante; elle se trouvait composée ou d'aiguilles d'un gris blanchâtre qui se croisaient en tout sens, ou bien de filaments d'un gris bleuâtre, ou enfin de petits cristaux diaphanes et à demi-fondus; cette glace, entraînée sous le bateau-vanne, ne donna lieu à aucune formation sous l'eau sur toute la longueur de 400 mètres. Le quatrième jour et les suivants, il arriva des glaçons qui ne produisirent pas plus d'effet. Comme cet essai a été répété pendant la troisième époque de gelée, nous sommes en droit de conclure que les formations sous l'eau ne proviennent pas de glace primitivement formée, et qui par le mouvement des eaux viendrait de la surface se fixer à la surface des cailloux.

Les choses se passèrent autrement dans les autres ramifications de l'Ourte; leurs eaux, comme on le sait, ne pouvaient charrier la glace qui arrivait des parties supérieures; recueillies à différentes profondeurs et à diverses reprises dans un vase [1] que l'on remplissait et que l'on fermait sous l'eau, retirées après un certain temps de repos, puis examinées en maintenant les bords du vase dépouillé de son couvercle un peu au-dessus de la surface de la rivière, on n'y trouvait aucune trace de glace. Cependant pour rendre cette observation plus certaine, il fallait prendre quelques précautions, car le vase était toujours à une température inférieure à celle du liquide; plongé immédiatement, il se recouvrait en quelques instants d'une couche de glace compacte, dont

[1] Ce vase était un parallèlipipède rectangle en fer-blanc, jaugeant 18 litres d'eau; le couvercle était parfaitement calfeutré; une de ses parois latérales était munie d'une soupape mobile autour d'une charnière placée en bas; cette soupape était doublée et pressée par un ressort tournant à l'aide d'une tige; le mouvement du ressort ouvrait et fermait la soupape. L'appareil était fixé à une tige de bois.

on le débarrassait quand il avait atteint la température du milieu ambiant. Des corps pris à l'air libre donnaient lieu au même phénomène; ils se recouvraient en quelques minutes d'une couche de glace compacte, d'autant plus épaisse que leur température était plus basse. Enfin, la température des eaux et des différents fonds, observée avec tout le soin possible pendant toute la durée de la deuxième et de la troisième époque de gelée, a toujours indiqué 0 au thermomètre.

Les conditions nécessaires pour donner naissance au phénomène de la glace sous l'eau sont assez nombreuses. La nature du lit en est une des principales; s'il est formé d'un gravier très-fin ou de terre argileuse, toutes circonstances égales d'ailleurs, il ne donnera lieu à aucune formation; s'il est composé de menus cailloux, la congélation de l'eau ne s'y opère que difficilement et à la longue; on ne doit pas lui attribuer ce qui se forme sur les plantes aquatiques que l'on rencontre quelquefois, ou sur des branches d'arbres qu'une cause quelconque retient forcément au fond. Le lit le plus convenable est un cailloutage d'un volume assez considérable; comme il oppose plus de résistance au mouvement des eaux, il produit une fluctuation plus ou moins forte dans le fluide; c'est ce qui a été observé dans tous les endroits où le phénomène s'est produit. Si toutes nos observations ont indiqué la vérité, la température du fond doit être 0°; elle ne peut différer en moins que de bien peu, puisque des corps d'un à deux degrés en dessous s'entourent d'une couche de glace compacte qui ne ressemble en rien à ce qui se forme ordinairement sous l'eau courante.

La vitesse de l'eau hâte plus ou moins la congélation sur le lit; dans les endroits où elle est la plus grande, elle se manifeste de suite. Dès le premier jour de la seconde et de la troisième époque, on remarquait de la glace au fond, là où la vitesse de l'eau variait de 3^{m},60 à 2^{m},50 : comme aux abords d'un petit pont de pierre, qui vient d'être démoli et remplacé par un pont de bois; à la naissance d'un plan incliné qui se trouve en amont et à 60^{m} de distance; à un coude qui se trouve à gauche et à 80^{m} du pont; enfin dans plusieurs autres endroits. Cependant si une grande vitesse accélère la formation, elle ne concourt pas

à donner une grande épaisseur aux couches qu'elle produit, comme nous le verrons un peu plus loin.

La hauteur de l'eau joue un rôle important; le phénomène a lieu d'autant plus vite que la lame d'eau a moins d'épaisseur; pour les endroits que nous venons de citer, elle variait de 20 à 35^{c}. Pour des hauteurs qui variaient de 40^{c} à 60^{c}, la glace apparaissait au deuxième jour; pour des hauteurs de 60^{c} à 80^{c} c'était au troisième jour. Si la hauteur de l'eau avait plus 0^{m},75 à toute distance des rives, pas la moindre formation ne se faisait remarquer pendant toute la durée de la deuxième et de la troisième époque.

C'est sous l'influence d'un jeu d'ombre et de lumière que la glace prend naissance; ainsi que je l'ai observé dans toutes les localités que j'ai pu visiter, c'est entre les limites extrêmes occupées par la ligne de séparation d'ombre et de lumière qu'elle commence à se montrer, c'est de là qu'elle se répand en tous sens, c'est là qu'elle acquiert le plus de développement; de plus, quand cette dernière condition manque à un endroit qui réunit toutes les autres, vous ne rencontrerez pas la moindre trace de congélation: si de grandes étendues de lit sont totalement privées de glace, c'est qu'elles sont ou totalement ombragées ou totalement éclairées par le soleil. Un seul fait, que j'ai remarqué pendant tout le cours de mes observations, semble contredire ce que je viens d'avancer; il s'est passé au petit pont de pierre mentionné plus haut. Là on a remarqué, dans les derniers jours de la troisième période, la réunion de la couche de glace formée sous l'influence du jeu d'ombre porté par chaque intrados avec la nappe développée sous le jeu d'ombre et de lumière de l'arête supérieure du parapet; quoique les limites extrêmes occupées par toutes les lignes de séparation ne conservassent pas toujours les mêmes positions, toutes les nappes se sont propagées d'abord dans les espaces parcourus par les divers jeux d'ombre et de lumière, puis dans les parties constamment éclairées ou continuellement ombragées par le pont. Comme les piles n'avaient que 0^{m},65 d'épaisseur, que le jeu d'ombre porté par les intrados pénétrait de 1 h. à 3 h. dans l'espace parcouru par la ligne de séparation projetée par le parapet, et se diri-

geait vers l'Orient, on conçoit que la condition de jeu d'ombre et de lumière ne peut recevoir aucune atteinte par le fait de la réunion de toutes ces nappes, car il restait bien peu d'étendue aux parties constamment ombragées. Un second fait d'abord observé dans cette localité s'ajoute encore pour mieux établir la nécessité de cette condition; le parapet, par suite d'une plantation d'arbres, ne recevait du soleil pendant toute la matinée, qu'une lumière affaiblie, et la ligne de séparation d'ombre et de lumière qu'il projetait, n'était pas aussi prononcée que les mêmes lignes projetées par les intrados; de plus, à cause de certaines dispositions locales, il n'était pas éclairé pendant le reste du jour aussi longtemps que les courbes intrados; cette diminution dans la durée et l'intensité de son jeu d'ombre et de lumière ont retardé la naissance et le développement de la glace produite sous l'influence de ce jeu; car dans les deux dernières époques, elle ne s'était montrée qu'au quatrième et au cinquième jour, quoique la lame d'eau dans cet endroit eût une épaisseur de $0^{m},25$ à $0^{m},35$, et une vitesse de $3^{m},20$. Comme au pont des arches, les bancs ont acquis à chaque époque plus de développement sous les voûtes, où le jeu d'ombre et de lumière avait plus de durée; son intensité et sa durée ne sont donc pas sans influence sur le phénomène de la congélation sous l'eau.

Quant à l'état de ce fluide, doit-il être aussi limpide qu'il se trouvait dans l'Ourte et la Meuse pendant les époques de gelée? Je n'ai pu rien établir à ce sujet, l'état contraire n'étant pas arrivé pendant le cours de mes observations; tout ce qu'on vient de lire autorise néanmoins à penser que cet état arrêterait le phénomène plutôt que de le hâter.

On s'est demandé souvent d'où provenait cette quantité immense de glaçons charriés par les rivières et les fleuves vers la mer; se forment-ils à la surface, proviennent-ils du fond? Beaucoup de conjectures et d'hypothèses ont été avancées pour et contre, et la question n'a pas fait le moindre pas; comme la solution de ce problème doit trouver beaucoup d'éléments dans le mode de formation et de développement

de la glace sous l'eau ; on lira avec intérêt ce qu'on a pu recueillir par un examen attentif.

La glace qui prend naissance au fond des eaux courantes, et la glace qui se forme à la surface des eaux tranquilles et des eaux stagnantes des bords des fleuves, présentent chacune des caractères bien distinctifs. La seconde est ordinairement diaphane, compacte, unie, composée de lamelles superposées les unes aux autres ; elle commence par une série d'aiguilles très-déliées et très-allongées, qui partent des bords vers le milieu sans se rencontrer; de nouvelles aiguilles se forment sur les premières en faisant des angles de 60 degrés environ; d'autres naissent sur les secondes et ainsi de suite. Cette série d'aiguilles donne naissance à une pellicule très-lisse et d'une transparence extrême, qui recouvre la surface de l'eau. Les mêmes phénomènes se renouvellent en dessous ; la glace s'épaissit et devient plus solide par la juxta-position successive de ces feuillets cristallisés; mais si de l'air vient à s'introduire entre cette glace et l'eau, alors la cristallisation s'opère d'une autre manière, et quoiqu'elle ne soit pas confuse, comme cela arrive ordinairement, la glace perd sa transparence tout en restant unie. Elle se rencontre très-souvent au bord des fleuves, on en trouve fréquemment dans les fossés qui bordent les routes, car après que la glace s'est formée à la surface de leurs eaux, celles-ci se retirent petit à petit en s'infiltrant dans le terrain.

La première est opaque, d'un beau blanc, d'une teinte neigeuse; sa surface, au lieu d'être lisse, présente ou une apparence raboteuse ou des mamelons dont l'aspect a beaucoup d'analogie avec le chou-fleur, ou bien encore des masses hérissées de cristaux, très-irrégulières et semblables à de petits pelotons de neige, qui se seraient précipités à demi-fondus et se seraient groupés de différentes manières. Elle prend naissance à la surface des corps saillants qui se trouvent répandus dans le lit des rivières ; elle apparaît dabord sous la forme d'une couche de trois millimètres environ d'épaisseur, composée de filaments fixés par une de leurs extrémités aux corps solides. Ces filaments croissent beaucoup plus en longueur qu'en largeur; comme ils offrent peu de

ténacité, ils cèdent en partie plus ou moins grande suivant la rapidité des eaux. Pendant qu'ils continuent à s'allonger de nouveau et qu'ils se laissent ensuite encore rompre par le courant, leurs parties inférieures finissent par se joindre et par donner lieu à une couche continue, composée ou d'aiguilles se croisant en tous sens, ou de très-petits cristaux diversement entremêlés. Comme le même phénomène se répète successivement, la couche, d'abord très-mince, acquiert avec le temps et toujours de la même manière d'autant plus d'épaisseur, que la vitesse du fluide est moins grande. Pour m'assurer que c'était par des accroissements successifs que ces couches grossissaient, des baguettes très-fines furent retenues à leurs surfaces et se trouvèrent après un certain temps engagées entièrement dans leur masse; il en fut de même d'un filet, dont on avait recouvert les couches qui se trouvaient sur beaucoup de cailloux.

Quand l'eau commence à se congeler au fond, la couche composée de filaments à laquelle elle donne d'abord lieu, présente différents aspects : si elle est d'un gris bleuâtre, les filaments dans leur texture présentent beaucoup d'analogie avec les flocons de neige; quand elle se montre comme une masse d'un gris blanchâtre, d'un aspect gélatineux, dont les parties ont peu d'adhérence, dans ce cas les filaments sont composés de cristaux demi-fondus, entrelacés irrégulièrement les uns dans les autres et ressemblant à de la neige demi-fondue. Quelquefois la couche a un aspect cotonneux et blanchâtre, les filaments qui la composent sont alors très-déliés et se trouvent munis à leur base d'une foule de petites aiguilles qui s'entre-croisent dans tous les sens.

Très-souvent autour des pointes que présentent les plantes aquatiques, et autour des aspérités qui se trouvent à la surface des cailloux et des pilotis, on voit des sphères de glace spongieuse se former et grandir, puis se détacher pour venir flotter à la surface des eaux.

Les portions de filaments qui se détachent par parties, suivant qu'ils se trouvent en plus ou moins grande quantité, viennent former à la surface des houppes neigeuses tout à fait blanches ou entièrement grises, ou bien blanches au sommet et le reste gris; ainsi que je m'en suis as-

suré, elles finissent toutes par devenir des plus blanches. Quand les filaments n'apparaissent pas à la surface sous cette forme, ils flottent en masses fort irrégulières, neigeuses et blanches par parties. Telle est l'origine de cette grande quantité de glace que l'Ourte [1] a entraînée pendant les trois premiers jours de la seconde et de la troisième époque, et qu'elle n'a pas cessé de produire, quand bien même elle charriait des glaçons. Peut-être des personnes attribueront cette espèce de glace à de la neige demi-fondue, mais quand on saura que pendant toute la durée de l'hiver 1840-41 il n'est pas tombé un seul jour de la neige, on sera forcé d'admettre l'origine indiquée plus haut; et cette origine est d'autant plus certaine que cette glace se forme à distance des rives, et que celles-ci ne présentaient pas la moindre trace de congélation.

Nous avons indiqué un peu plus haut comment les couches de glace qui recouvrent les cailloux gagnent en épaisseur; nous avons maintenant à faire connaître comment les bancs et les grandes couches de glace se forment sous l'eau.

Quel que soit le mode de cristallisation qui s'opère, chaque caillou commence toujours à se charger par la face opposée au courant; de là la glace sur toute la surface extérieure en diminuant continuellement d'épaisseur; quelle que soit la durée des gelées, elle se dépose toujours en plus grande abondance sur toute l'étendue des faces placées à l'opposite du courant, par suite la couche paraît plus élevée en amont qu'en aval. Une fois ces premières formations faites, si les cailloux sont juxta-posés, ainsi qu'ils se trouvent ordinairement au fond des eaux courantes, les couches finissent par se souder l'une à l'autre et par former une nappe ayant plus ou moins d'extension. Cette nappe à son tour continue à se charger de la même manière, sans cesser d'être raboteuse ou mamelonnée, passe, à mesure qu'elle s'épaissit, du gris au gris blanchâtre, puis au blanc; et comme elle gagne bien plus en épaisseur à sa partie en amont qu'à son inférieure, la face primitivement parallèle au

[1] L'Ourte, la Vesdre et les autres rivières affluentes ont un parcours de plus de 80 lieues.

courant s'incline de plus en plus sur le lit : c'est par une telle série de changements que les bancs se forment.

L'apparition des nappes n'a lieu qu'après un temps plus ou moins long; elle semble dépendre de la vitesse des eaux. Ainsi au Pont-des-Arches, où la vitesse de la Meuse est de 1m,10, les nappes apparurent au bout de cinq jours dans les emplacements que les premiers bancs avaient occupés [1]. Dans les ramifications de l'Ourte, où la vitesse variait de 1m,70 à 2m,60, les nappes se formèrent au septième et au huitième jour; enfin là où le liquide s'écoulait avec une vitesse de 2m,90 à 3m,50, elles ne se montrèrent qu'après neuf à onze jours; ces dernières formations n'eurent lieu que pendant la troisième période, qui a duré treize jours.

Leurs dimensions en longueur et largeur n'ont pas toujours atteint les mêmes limites; quoique plus grandes à la troisième époque qu'à la seconde, elles étaient au Pont-des-Arches bien inférieures aux dimensions des premiers bancs. Ainsi, dans le sens du courant, les secondes, c'est-à-dire les nappes de la seconde époque, différaient des troisièmes de 0m,40 (terme moyen), et celles-ci des premières de 1 mètre, voilà quant à la Meuse; dans l'Ourte, les différences étaient de 0m,90 à 1m40, là où la vitesse des eaux variait de 2m,90 à 3m,50, et de 0m,70 à 1 mètre pour des vitesses comprises entre 1m,80 et 2m,50.

Les épaisseurs ont éprouvé des changements remarquables. Aux environs du Pont-des-Arches, après les 17 premiers jours de la première époque, tous les bancs sortaient de l'eau, et la plus forte épaisseur se trouvaient alors 0m,80; le dernier jour de la seconde époque elle était de 0m,21, et le douzième jour de la troisième époque elle mesurait 0m,27; par jour l'accroissement était, pour la première époque, de 0m,047; pour la seconde, de 0m,026, et pour la troisième, de 0,0225. Dans l'Ourte, pour une vitesse de 1m,80, la plus forte épaisseur, à la fin de la seconde et de la troisième époque, avait atteint 0m,06 et 0m,08; pour une vitesse de 3m,20, elle était de 0m,03 et 0m041; pour une vitesse

[1] A la dernière époque les emplacements n'étaient pas exactement les mêmes; les limites extrêmes d'ombre et de lumière étaient bien éloignées de leurs positions primitives, par suite les bancs s'étaient formés entièrement en dessous des petites voûtes et des moyennes.

de 3m,50, elle indiquait 0m,020 et 0m,028; par jour l'accroissement a été de 0m,0075 et 0m,0066, de 0m,00375 et 0m,0034, enfin de 0m,0025 et 0,00215.

La troisième époque, que je n'ai pas encore fait connaître, comprend 13 jours; elle a commencé le 1er février 1841 et fini dans la nuit du 13 au 14; sa température moyenne a été de — 4° ½ R.; de grand matin elle a marqué, le 5 et le 10, — 13° ½ et — 9°; le temps fut couvert le 2, le 3 et le 4 le matin seulement par intervalle, le 6 pendant la nuit, le 7 le jour et la nuit, et le 8 par intervalle. La plus grande hauteur du baromètre a été de 0m,761, la moyenne de 0m,757. Nous avons cru nécessaire de donner cet aperçu sur la dernière époque, afin de pouvoir conclure :

1° Que la glace se développe sous l'eau d'autant plus que le froid extérieur est plus intense et que le ciel est plus serein;

2° Que la glace sous l'eau gagne en épaisseur d'autant plus que les eaux ont moins de vitesse.

Cette dernière conclusion explique cette quantité considérable de glace neigeuse que fournissent les rivières, tant qu'elles ne sont pas congelées.

On est divisé, comme nous l'avons déjà dit, sur l'origine de cette immense quantité de glaçons que charrient les fleuves et les rivières même avant tout débâcle pendant un temps de gelée assez long; des physiciens prétendent qu'ils proviennent du fond, d'autres soutiennent que c'est à la surface des eaux qu'ils se forment : ces derniers ne sont pas même d'accord entre eux : les uns disent que les glaçons se détachent des bords, les autres qu'ils se forment loin des rives. Comme il leur était difficile d'en donner une preuve directe, ils admettaient que la surface libre des eaux pouvait être indéfiniment refroidie au-dessous de 0, qu'ainsi elle doit enfin, malgré le mouvement, donner naissance à des aiguilles de glace qui grossissent ensuite en se refroidissant davantage par le contact de l'air et par le rayonnement. Cette explication repose sur un fait que les observations faites jusqu'à ce jour contredisent. Cependant quand on examine les caractères extérieurs des glaçons

charriés par les fleuves, on en reconnaît trois espèces; ceux qui se développent au fond apparaissent à la surface avec tous les caractères que nous avons décrits plus haut; les glaçons qui se forment aux bords sont, comme nous l'avons déjà dit, lisses, transparents, quelquefois opaques, terminés de toute sorte de manières; ces deux espèces de glaçons sont en si petit nombre qu'ils passent inaperçus au milieu des troisièmes. Ces derniers sont diaphanes, compactes, d'une texture lamellaire, d'un aspect verdâtre, et présentent tous une surface horizontale recouverte de houppes blanches, neigeuses et disposées de manière à former en général une courbe fermée assez éloignée des bords; quand le froid est continu, plusieurs de ces glaçons se *soudent* l'un à l'autre et donnent lieu à une glace assez étendue pour obstruer bien souvent les arches des ponts; ils finissent, comme la glace des bords ou de la surface des eaux tranquilles, par se recouvrir d'une pellicule d'aiguilles neigeuses, qui les rend de plus en plus blanchâtres sans que la masse perde sa transparence. Tels qu'ils sont, ils ne peuvent pas provenir du fond des eaux courantes : par leurs houppes ils tiennent de la glace neigeuse du lit des rivières, et de la glace des bords par la transparence et la compacité. Sont-ce des rives qu'ils se détachent? admettons pour un moment ce fait, et suivons les explications que bien des personnes donnent sur l'origine des houppes neigeuses et leur disposition en couronne. Elles admettent que tous les glaçons se heurtent ou se frottent l'un contre l'autre, et produisent une multitude de petites aiguilles de glace qui viennent, par suite du mouvement qu'elles possèdent, se déposer en masse irrégulière sur la surface extérieure; que ces aiguilles s'arrangent en houppes et se disposent en couronne par une série de balancements que les glaçons éprouvent en changeant de vitesse et de direction, de la même manière que de la poudre très-fine s'arrange sur les lignes nodales qui naissent à la surface des lames élastiques, lors de leurs vibrations. A cette explication nous répondrons qu'il est difficile d'admettre qu'une aussi grande quantité de glaçons puissent tous se choquer l'un contre l'autre; au contraire, nous avons remarqué plus d'une fois qu'ils se soudaient l'un à l'autre en plus ou

moins grand nombre; que par suite du choc ou du frottement ils ne donneront pas toujours naissance à des aiguilles, qui viendront se déposer à leur surface, et quand bien même cela aurait lieu, les changements de vitesse et de direction éprouvés par les glaçons varient tellement d'un lieu à un autre, qu'il n'en peut naître des balancements assez uniformes pour produire constamment les mêmes effets. Au reste, les rives ne peuvent donner lieu à une grande quantité de glaçons; car la glace ne se forme aux bords des fleuves et des rivières que là où l'eau est stagnante; dans ces endroits elle occupe beaucoup d'étendue, le plus souvent elle a très-peu d'épaisseur; quand elle est très-profonde, elle se trouve enfermée dans des espèces d'anse. S'il y a continuité de gelée, la glace gagne de plus en plus en épaisseur et s'avance vers le milieu des eaux; parvenue à une certaine distance, elle s'arrête quand la vitesse du fluide se trouve trop rapide, et à l'exception de l'épaisseur, elle conserve ses dimensions acquises jusqu'au moment du dégel; quand les eaux viennent à diminuer, elle ne conserve pas moins sa position primitive. Ce sont ces glaces qui, à Liége et aux environs, servent aux amusements des patineurs; elles ne peuvent donc pas suffire à cette immense quantité de glaçons qui se reproduisent à chaque hiver rigoureux. Où naissent-ils? où se développent-ils? A cette question je répondrai : que les houppes et les masses irrégulières de glace neigeuse, que le mouvement des eaux détache du fond des rivières ou des fleuves, sont les premiers éléments de tous les glaçons; tout en flottant à la surface des eaux, ces houppes, ces masses irrégulières grossissent, blanchissent et s'entourent à leurs parties, qui sont en contact avec le liquide, d'une couche de glace compacte. Cette couche à son tour s'épaissit et s'étend, puis finit par se souder avec des couches semblables, et par donner lieu aux glaçons tels que nous les voyons; comme la glace neigeuse se reproduit continuellement et d'autant plus abondamment que le froid est plus vif et le ciel plus serein, on conçoit comment les glaçons deviennent de plus en plus abondants. Cette origine et ce développement ont été observés dans les diverses ramifications de l'Ourte et de la Vesdre.

En continuant pendant les quinze jours de gelées que nous avons éprouvées jusqu'au 14 décembre 1844, les observations sur la formation de la glace au fond des eaux courantes, observations que j'avais commencées pendant l'hiver de 1840-41, je me proposais de m'assurer si les conditions nécessaires à la naissance de ce phénomène, et si le mode de sa formation et de son développement restaient exactement les mêmes que j'avais mentionnés dans la première note. A l'exception du mode de cristallisation et du développement, je n'ai trouvé aucune variation dans le reste, si ce n'est que j'ai remarqué de la glace spongieuse à une profondeur de $1^{m},10$ sous des eaux courantes des plus limpides. Comme plusieurs physiciens croyaient que cette espèce de glace pouvait se former quand les eaux courantes étaient à une température de $+3^{\circ}\frac{1}{4}$ Réaumur à 0°, je me suis décidé à observer tous les jours depuis la fin d'octobre passé ce qu'elles indiquaient au thermomètre; j'ai trouvé qu'elles ont diminué progressivement de chaleur comme l'atmosphère, et qu'entre $+3^{\circ}\frac{1}{4}$ R. et 0° elles n'ont produit aucune trace de congélation dans aucune des nombreuses localités soumises à mes observations.

Le 29 novembre, premier jour de gelée, la température extérieure indiquait le matin et l'après-dînée — 2° R. et les eaux courantes $+ 3^{\circ}\frac{1}{4}$; ce froid continua à se faire sentir avec la même intensité jusqu'au 3 décembre; ce jour, à l'air libre, le thermomètre indiquait — $3^{\circ}\frac{1}{2}$ R., les eaux ont atteint 0° et ont conservé cette température jusqu'au quatrième jour de dégel, c'est-à-dire jusqu'au 17 décembre. Du 1er au 3 de ce mois l'air était couvert; le 4 il se trouvait sans nuages et le soleil fort éclatant; vers 3 heures de l'après-dînée, sous une température moyenne de — $3^{\circ}\frac{2}{5}$, on remarquait au fond des rivières beaucoup de traces de congélation, qu'on avait pas rencontrées le matin. Le lendemain et les jours suivants l'Ourte ne cessa de charrier de la glace spongieuse. Quoique le premier jour de son apparition à la surface de l'eau, elle se présentât en houppes ou en masses irrégulières d'un aspect gris blanchâtre et neigeux, ou bien affectant une surface plane ayant la couleur verdâtre de l'eau, cependant, recueillie et observée à l'air

libre, elle était blanche, composée de cristaux de toute dimension, mais dont les plus gros ne dépassaient pas le volume d'un demi-centimètre cube. Ils n'avaient pas tous la même forme; les uns étaient prismatiques de $0^{m},012$ de longueur et de 3 à 4 millimètres de largeur et d'épaisseur; les autres, et c'était le plus grand nombre, ne présentaient aucune figure bien déterminée. Ces cristaux formaient sous l'eau autour des corps filamenteux comme le chanvre, les petites branches d'arbres et autour des pierres anguleuses, des masses informes d'un gris blanchâtre, plus ou moins translucides, de $0^{m},4$ à $0^{m},6$ de longueur et de largeur, d'une épaisseur variable pouvant atteindre $0^{m},1$ au plus. En examinant des cristaux recueillis dans ces masses, j'ai trouvé des prismes triangulaires réguliers, des prismes droits à base rhomboïdale, dont le plus petit angle était de 60°, et des prismes réguliers hexagonaux; tous ces corps étaient diaphanes et avaient l'apparence du quarz hyalin. Vers la soirée (le 5 décembre) la rivière charriait encore de cette glace; mais les houppes et les masses irrégulières présentaient des cristaux soudés les uns aux autres, plus ou moins transparents, et se trouvaient entourées vers le milieu, c'est-à-dire vers les parties avoisinant l'eau, d'un cercle de glace compacte et diaphane, de 7 millimètres d'épaisseur et de $0^{m},10$ à $0^{m},13$ de diamètre; elles tendaient à se réunir en courbe fermée et à donner naissance aux glaçons que j'ai décrits dans la première note; cette courbe fermée est à peu près circulaire quand la réunion s'opère à la surface d'un faible courant, comme je m'en suis encore assuré.

Le froid continuait à devenir plus intense, le 6 le temps était toujours au beau, de grand matin le thermomètre indiquait — 8° $\frac{1}{2}$, dans le courant du jour — 5° $\frac{1}{2}$; la glace qui descendait sur l'eau se trouvait beaucoup plus neigeuse et d'une texture toute différente. Tous les amas de cristaux étaient disparus; on trouvait, non à leur place, mais sur d'autres corps, toujours au fond et loin des bords, des couches nombreuses d'un aspect gris noirâtre, mais d'un beau blanc à l'air libre; au lieu d'être composées de petits cristaux, d'aiguilles ou de filaments comme en 1840-41, elles étaient formées de lamelles diaphanes, par-

faitement lisses, fort minces, très-souvent planes et quelquefois contournées en plan gauche. A quelques exceptions près, ces petites lames présentaient une forme hexagonale, dont les côtés étaient ou rectilignes ou bien garnis d'arcs de cercle; elles n'étaient pas superposées les unes sur les autres, mais assemblées sous des angles différents, en laissant entre elles des vides plus ou moins considérables; c'est ce qui rendait cette glace si spongieuse; quand elles étaient soudées bout à bout, elles donnaient lieu à une petite lame assez allongée, à bords rectilignes ou festonnés en arcs de cercle. Les lamelles, qui ne présentaient pas la figure d'un hexagone, avaient leurs bords contournés d'une infinité de manières différentes, et ressemblaient assez bien à des feuilles lobées. Elles n'avaient pas toutes les mêmes dimensions; les plus grandes ne dépassaient pas cinq à six millimètres en longueur et en largeur; elles étaient parfois si petites, qu'on n'en pouvait reconnaître la forme qu'avec le secours d'une bonne loupe, et les couches qui en étaient formées étaient, à l'air, si blanches et si neigeuses qu'elles avaient toute l'apparence de l'écume de savon. Sous ce mode de cristallisation, la glace spongieuse s'est montrée plus étendue et en beaucoup plus d'endroits qu'en 1840-41, et tout en produisant des houppes et des masses irrégulières, elle a acquis en peu de temps beaucoup d'épaisseur; car du 6 au 7, à l'opposite du courant, elle mesurait $0^m,03$ à $0^m,04$, et du 7 au 9, elle indiquait $0^m,15$ à $0^m,20$; de plus elle recouvrait tout le lit sur une longueur d'un mille environ; elle paraissait blanche, mamelonnée, parsemée irrégulièrement de sphéroïdes neigeux de $0^m,09$ à $0^m,25$ d'axe, se laissant facilement pénétrer par des perches; sa texture neigeuse et lamellaire ne l'empêchait pas d'être assez tenace. Des glaçons anguleux d'un mètre carré au plus se détachaient de temps à autre, en emportant des cailloux et des pierres, qui finissaient par se détacher et par tomber sur les couches au-dessus desquelles ils étaient entraînés. Un certain mouvement à la surface des eaux précédait le détachement; il avait lieu au-dessus de l'endroit d'où les glaçons provenaient. Ils arrivaient à la surface de deux manières, quelquefois horizontalement comme s'ils s'élevaient naturellement du

fond; le plus souvent les parties en amont se dressaient en tournant autour de l'extrémité inférieure, sortaient en partie du liquide, restaient quelque temps dans une position verticale; quand la partie inférieure était totalement dégagée, ou le courant les retournait, alors ils apparaissaient à la surface avec des cailloux enclavés dans leur masse, ou bien ils reprenaient une position semblable à la première. Ces glaçons flottaient, comme on le dit vulgairement, entre deux eaux, c'est-à-dire qu'ils étaient recouverts d'une couche d'eau qui leur donnait une apparence lisse et de glace blanche à demi-fondue, et leurs houppes disposées fort irrégulièrement se montraient seules à la surface de l'eau. Ils possèdent des caractères physiques si distincts, qu'on ne saurait les confondre avec l'immense quantité de glaçons qui se forment à la surface des rivières à l'aide des houppes et des amas irréguliers, qui se détachent continuellement du fond.

Nous avons maintenant à indiquer les circonstances atmosphériques sous l'influence desquelles la glace spongieuse avait acquis tant de développement et une si forte épaisseur. Le 7 au matin le ciel était couvert, la température de — 4°, à midi un coup de soleil se fit sentir et dura une heure environ, une forte bise commença en même temps à souffler pour ne cesser que le 9 au matin. Pendant le jour on lisait constamment sur le thermomètre — 5° R., le soir vers 7 h. — 7° $\frac{1}{4}$ et à 9 h. — 8° $\frac{1}{2}$, le matin à 6 h. — 9°; le baromètre a constamment indiqué 0^{m},756, l'atmosphère fut fort sombre et ne s'est éclaircie que le 9 au matin, ce jour le temps était au beau et la température moyenne de — 7° $\frac{1}{3}$.

La Meuse charriait depuis le 7 des glaçons qui provenaient en grande partie des divers bras de l'Ourte et de la Vesdre; la ramification dont le fond était recouvert de glace spongieuse n'en recevait pas, ce qui rendait les observations beaucoup plus certaines. Ce fut pendant la journée du 9 seulement que des glaçons se détachèrent du fond; à mesure qu'ils se produisaient, ils laissaient dans la couche des cavités plus ou moins étendues. Quand les dimensions de ces vides n'atteignaient pas dans le sens du courant deux mètres au moins, les cailloux qui formaient le

fond, ne se recouvraient que difficilement de glace, car du lundi 9 au jeudi suivant, par un temps des plus beaux tant de la nuit que du jour, et par un froid indiquant de grand matin — 9° R. — 10°, — 11° ½, — 9°, les couches qui les recouvraient avaient tout au plus 0m,0355 d'épaisseur. Si les cavités avaient dans le sens du courant une dimension de 0m,45 à 0m,75, les pierres du fond ne présentaient même à la fin des gelées aucune trace de congélation; au contraire, si les dimensions en longueur et largeur dépassaient de beaucoup 2 mètres, les couches se trouvaient reformées au bout de cinq jours, mais ne présentaient qu'une épaisseur de 0m,12 au plus. Ces derniers faits confirment l'influence du mouvement des eaux dans la formation de la glace spongieuse.

Le dégel commença le 13 vers 10 h. 45 minutes du matin, la température passa en 2 h. de — 4° R. à 0; en moins d'un quart d'heure et vers 11 ½ h., toute la glace qui tapissait le fond de la ramification se détacha en portions plus ou moins grandes; doit-on attribuer ce phénomène à l'influence de la température? J'ai tout lieu de le croire, puisque le baromètre avait conservé la même hauteur que la veille et se trouvait à 0m,748.

En cherchant à mesurer depuis la fin d'octobre le degré de chaleur de différents fonds de rivière, on a observé en écartant des cailloux qu'il se dégageait beaucoup de bulles de gaz, quelquefois le même effet se faisait remarquer quand on détachait au fond des eaux de la glace spongieuse. La présence d'un gaz ne serait-elle pas une des conditions essentielles à la naissance de cette glace? Je n'ai fait aucune recherche à ce sujet; non-seulement il s'agirait de recueillir de ce gaz et de le soumettre à l'analyse, mais aussi de s'assurer si le menu cailloutage en dégage autant que le gros; puis si on ne retarderait pas en le faisant dégager le phénomène de la congélation; de nouvelles questions peuvent encore surgir. Quelles qu'elles soient, il me reste à faire connaître que pendant les 15 jours de gelée, les fonds des rivières ont toujours marqué 0° même près des bords et sous des lames d'eau d'un décimètre au plus; aussi la vase argileuse et le fin gravier que l'on rencontre quelquefois, ont conservé le premier son état mou ordinaire, et le second sa grande facilité

à être déplacé ; en y plongeant la boule de plusieurs thermomètres, ils ont toujours indiqué 0°. Près des bords, à l'air libre, la terre se trouvait fortement gelée.

Nota. M. C. Davreux, membre de l'académie royale de médecine, en examinant des amas de cristaux que je lui avais fait parvenir, a vu plusieurs de ces primes dont j'ai parlé plus haut, pag. 20; en outre, il a remarqué des commencements de formes cristallines plus compliquées qui en dérivaient.

FIN.

MÉMOIRE

SUR UN

APPAREIL DE THILORIER MODIFIÉ,

ET SUR LES PROPRIÉTÉS

DE L'ACIDE CARBONIQUE LIQUIDE ET SOLIDE;

PAR

J. MARESKA,

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'UNIVERSITÉ DE GAND,

et

F. DONNY, PRÉPARATEUR DE CHIMIE A LA MÊME UNIVERSITÉ.

(Présenté à l'Académie le 1er février 1845.)

INTRODUCTION.

La liquéfaction de l'acide carbonique s'opère en décomposant le carbonate de soude par l'acide sulfurique dans un vase hermétiquement fermé. L'acide devenu libre, condensé par sa propre pression, se liquéfie.

Cette opération fut faite, pour la première fois, en 1823, par Faraday. L'on sait qu'il fit usage de tubes de verre scellés à la lampe, et qu'à l'aide de son procédé, il parvint à réduire en liquides diverses autres substances que jusqu'alors on n'avait obtenues qu'à l'état gazeux [1].

La liquéfaction de l'acide carbonique fut celle qui fixa le plus l'attention des savants, probablement parce qu'elle faisait entrevoir la possibilité d'employer cet acide comme force motrice. En effet, M. Brunel, dans le but de réaliser cet espoir, construisit une machine, qui a été décrite dans différents traités de physique, et qui était fondée sur le développement considérable d'élasticité qui s'opère dans l'acide par un changement assez léger de température [2].

[1] *Annales de chimie et de physique*, tom. XXII, pag. 323 et suivantes, ann. 1823.
[2] *Traité de physique*, par C. Despretz, 5e édition. Bruxelles, pag. 223.

Les inconvénients que présentait la machine de M. Brunel, et qui rendaient son application difficile et dangereuse, ont sans doute été cause que jamais elle n'a été établie en grand.

En 1835, M. Thilorier fit connaître un appareil nouveau, avec lequel il préparait des quantités considérables d'acide carbonique liquide, et qui lui permit même de le solidifier. Nous ignorons quel fut le motif qui guida l'auteur dans ses recherches, mais ce qui est certain, c'est que ses publications firent renaître l'idée de réaliser les machines mues par l'acide du carbone [1].

Il est peu probable que l'on parvienne jamais à donner à ces sortes d'appareils une forme assez simple pour rendre leur emploi possible et surtout commode, et si la découverte de M. Thilorier n'a pas répondu, sous ce point de vue, à l'attente de quelques personnes, elle n'en est pas moins remarquable sous beaucoup d'autres rapports, et notamment sous celui des applications qu'elle promet à la chimie.

En 1838, M. Mitchell publia, dans le *Journal of the Franklin institute* [2], la description d'un instrument au moyen duquel il obtint également de l'acide carbonique liquide et solide, mais qui était loin d'avoir les dimensions de celui de l'auteur français. Le récipient n'avait qu'un demi-litre de capacité.

On se rappelle la sensation que les expériences de M. Thilorier produisirent dans le monde savant, et cette exclamation : *en deçà des parois des tubes de Faraday, existe un monde chimique nouveau!* (exclamation par laquelle l'auteur commence son premier mémoire), prouve combien était grande l'espérance que lui-même il fondait sur sa découverte. Par malheur l'instrument était construit en fonte, et il ne résista point aux épreuves.

[1] *Traité de physique*, par C. Despretz, pag. 224.
[2] Cahier de novembre, pag. 239.

La terrible explosion qui causa la mort de Hervy et qui mutila si horriblement deux autres personnes, avait jeté l'épouvante parmi tous les chimistes, et personne n'osait plus opérer en grand la liquéfaction et la solidification de l'acide carbonique, lorsqu'en 1842 nous entreprîmes de rendre à la science la découverte de M. Thilorier, en mettant l'expérimentateur à l'abri de tout danger.

Vers la fin de la même année, l'appareil que nous avions fait construire fut achevé, et il nous permit de répéter, avec une sécurité entière, dans nos leçons et devant un auditoire nombreux, les expériences qui, en 1835, avaient excité l'étonnement des membres de l'institut de France.

Nous annonçâmes cette réussite à l'académie en janvier 1843, et nous lui fîmes connaître, en même temps, qu'en nous servant de l'acide solide comme moyen réfrigérant, nous avions *solidifié l'oxyde azoteux et différents autres gaz qui ne l'avaient point encore été.*

Depuis lors, M. le professeur Pleischl, de Vienne, a écrit dans le journal de Erdmann et de Marchand, que son élève M. J. Natterer avait préparé l'acide liquide dans la culasse d'un fusil à vent, et qu'il était également parvenu à rendre solide l'oxyde azoteux [1]. Mais il y a loin d'un appareil de ce genre au bel instrument de M. Thilorier.

Le problème à résoudre ne consistait pas seulement à proscrire la fonte, mais, ce qui était bien plus difficile, à conserver à l'appareil de M. Thilorier ses grandes dimensions et sa perfection dans les détails, qui en font le mérite et lui assurent d'immenses avantages. C'est la solution de ce problème que nous soumettons aujourd'hui au jugement de l'académie, et comme dans les nombreux essais que nous

[1] *Journal fur praktische Chemie von Erdmann und Marchand*, 1844, pag. 375.

avons fait subir à notre appareil, nous avons eu occasion de faire, sur les propriétés de l'acide carbonique tant liquide que solide, plusieurs observations qui nous paraissent mériter l'attention, nous les avons consignées dans ce mémoire, à la suite de la description de l'appareil modifié. Notre première intention avait été d'attendre, pour les publier, que nous eussions terminé les recherches que nous avions commencées sur la condensation des gaz permanents, et sur la construction d'un thermomètre à air, capable de mesurer les plus basses températures ; mais, puisque M. Natterer et peut-être d'autres chimistes encore s'occupent des mêmes investigations, retarder plus longtemps la publication de ce que nous avions fait, eût été évidemment nous exposer à perdre en partie le fruit de notre travail [1].

[1] Nous venons de recevoir le numéro de ce mois (janvier 1845) des *Annales de chimie et de physique.* Il renferme une lettre de M. Faraday à M. Dumas, qui prouve que la crainte que nous avions de nous voir devancer n'était pas chimérique, et que nous étions dans le vrai quand nous placions toute l'importance de la découverte de l'acide carbonique solide dans l'emploi de ce corps comme moyen réfrigérant. Le célèbre chimiste anglais a solidifié, mais en procédant d'une manière différente de la nôtre, plusieurs gaz, parmi lesquels se trouvent ceux que nous avions déjà obtenus dans cet état, et, comme nous, il se propose de liquéfier les gaz permanents. Quelque flatteuse et honorable que soit pour nous cette concordance, elle nous fait regretter pourtant de ne pas avoir publié plus tôt nos recherches.

MÉMOIRE

SUR

UN APPAREIL DE THILORIER MODIFIÉ.

ET SUR LES PROPRIÉTÉS

DE L'ACIDE CARBONIQUE LIQUIDE ET SOLIDE.

CHAPITRE Ier.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL.

La quantité de carbonate sodique, d'acide sulfurique et d'eau, nécessaire pour préparer quelques litres d'acide carbonique liquide, est trop considérable pour qu'on ne soit point obligé d'accumuler le produit de plusieurs opérations. Cette préparation exige donc un appareil composé essentiellement de deux parties, dont l'une est destinée à produire l'acide et dont l'autre sert à le recueillir. Il faut encore que ces deux parties soient construites de manière à ce qu'on puisse à volonté les mettre en communication ou les séparer sans perdre l'acide formé.

La première partie de l'appareil a reçu le nom de *générateur*, la seconde s'appelle *récipient*, et la communication s'établit au moyen d'un tube et d'un système particulier de robinets.

Les robinets inventés par M. Thilorier remplissant parfaitement toutes les conditions requises, nous n'y avons pas apporté le moindre changement ; nos modifications portent donc exclusivement sur le générateur et le récipient. Nous allons décrire ces deux vases tels que nous les avons fait confectionner.

Générateur. — Le générateur modifié est une chaudière en plomb recouverte de cuivre rouge, et renforcée par des cercles et des barres de fer forgé (*fig.* 1). La chaudière en plomb a la forme d'une bouteille cylindrique. Sa capacité est de six litres et demi. Elle a environ 12 centimètres de diamètre intérieur et 58 centimètres de hauteur au-dessous du goulot. L'épaisseur est de 2 à 3 millimètres. Toutes les soudures sont en plomb et sont exécutées à l'aide du chalumeau à gaz hydro-oxygéné. L'ouverture, qui a 45 millimètres, est entourée d'une pièce de cuivre jaune (*fig.* 2), servant à recevoir la vis d'un bouchon en fer.

Le cylindre en cuivre qui enveloppe le plomb, lui est exactement appliqué dans toutes ses parties (*fig.* 3).

La chaudière et son manchon de cuivre sont enchâssés dans une série continue de cercles de fer forgé. Les deux fonds sont renforcés par deux plaques du même métal reliées entre elles par des barres de fer, de manière à constituer un tout semblable pour la forme et la capacité au générateur en fonte de M. Thilorier (*fig.* 4).

Le générateur ainsi construit est suspendu entre les deux pointes d'un support (*fig.* 4).

Récipient (*fig.* 5). — La construction du récipient est analogue à celle du générateur ; de sorte qu'il est également formé d'un vase de plomb, mais sans goulot, renfermé dans un cylindre de cuivre entouré de cercles de fer. Les fonds sont encore retenus par des plaques de fer liées entre elles par des barres du même métal.

L'ouverture du récipient est pratiquée dans le premier des cercles, de manière qu'elle se trouve dans la paroi latérale et non sur l'une des bases comme cela a lieu dans le générateur. Autour de l'ouverture, l'enveloppe de cuivre est séparée du plomb par une pièce en cuivre jaune B, qui porte un pas de vis, et qui est destinée à recevoir le bouchon. Elle est soudée et clouée à l'enveloppe ou manchon de cuivre et proémine dans l'intérieur de récipient.

M. Thilorier plaçait son récipient sur une table à roulettes. Nous avons préféré employer un support à deux montants, entre lesquels l'instrument se balance. Une barre de fer semi-circulaire, qui traverse un troisième montant situé entre les deux autres, et qui se termine de chaque côté à l'extrémité du récipient, permet de régler à volonté l'inclinaison de celui-ci, et on fixe sa position au moyen d'une vis placée à l'endroit où la barre traverse le troisième montant.

Robinets. — Entreprendre d'emprisonner dans un récipient plusieurs litres d'acide carbonique liquide sans qu'il se produise la moindre fuite, c'était se proposer un des problèmes les plus difficiles. M. Thilorier, en parvenant à le résoudre de la manière la plus heureuse, a fait preuve d'une très-grande habileté.

Pour établir ou intercepter la communication, il se sert d'un système de soupapes consistant en deux tiges placées bout à bout l'une de l'autre. L'une d'elles est percée, et se trouve à demeure sur l'ouverture du générateur ou du récipient; l'autre, c'est-à-dire la supérieure, est massive et mobile. L'extrémité de la première est concave; celle de la seconde est convexe (*fig.* 6). Lorsque le contact entre les deux tiges est établi, la communication entre l'intérieur du cylindre et l'extérieur est interrompue; le contraire arrive quand la séparation a lieu. On obtient ces effets au moyen d'une vis à manivelle, qui permet de soulever la tige supérieure ou de l'abaisser et de la serrer dans le bassin de l'autre, avec une force suffisante pour vaincre la pression de l'acide carbonique.

Cette soupape est renfermée dans un corps de robinet en cuivre

servant à la fois à la maintenir et à permettre sans fuite la transmission du gaz (*fig.* 7).

Bouchons. — Les robinets communiquent avec l'intérieur des cylindres par l'intermédiaire de bouchons de fer percés. Le bouchon du récipient (A *fig.* 5) diffère de celui du générateur (A *fig.* 4), en ce qu'il se termine par un tube de cuivre qui plonge jusqu'au fond du vase.

L'on réunit le générateur au récipient par un tube en cuivre courbé en forme d'oméga, Ω. Toutes les jointures, tant celles des robinets que celles des bouchons, sont effectuées à l'aide de plomb fortement serré dans des encastrures convenablement disposées.

Mode d'opérer. — Comme nous avons conservé de l'appareil de Thilorier la forme et la capacité, il est naturel que la marche du service soit restée la même. Ainsi, pour opérer une charge, l'on introduit dans le générateur 1800 grammes de bicarbonate sodique, 4,30 litres d'eau de 35 à 40 degrés, et un cylindre en cuivre (*fig.* 8) contenant 990 grammes d'acide sulfurique à 66°. Le robinet étant fermé, on fait écouler l'acide en balançant le générateur sur ses points d'appui, et au bout d'une dizaine de minutes la réaction est terminée. L'on établit alors la communication avec le récipient pour y faire passer, par distillation, le liquide formé.

Sept charges suffisent pour obtenir une quantité d'acide liquide en rapport avec la capacité du récipient. En dépassant ce nombre on risquerait de produire une quantité d'acide telle que, par un changement accidentel de température, son volume pourrait devenir plus grand que la capacité du vase, et alors il exercerait sur les parois de celui-ci une pression irrésistible [1].

[1] La grande compressibilité de l'acide carbonique liquide permet de croire que, même dans ce cas, il n'y aurait de danger réel que lorsque la température s'élèverait très-haut. Cependant la prudence exige de ne pas multiplier les charges au delà du chiffre indiqué.

Pression dans le générateur pendant la charge. — Il est de la plus haute importance, pour la construction de l'appareil, de connaître les pressions exercées pendant le travail. M. B. Valerius avance que, pour la liquéfaction de l'acide carbonique, le vase doit pouvoir résister à une pression d'au moins 60 atmosphères, et que les générateurs en fonte de M. Thilorier remplissaient cette condition [1].

Nous ignorons où cette assertion a été puisée, mais comme le chiffre indiqué pour la pression nous a paru beaucoup trop faible, nous avons voulu le déterminer par expérience.

Pour y parvenir nous avons mis le générateur chargé en communication avec le manomètre que nous décrirons dans le chapitre suivant.

Dans les diverses épreuves que nous avons faites, la pression a varié entre les limites de 80 à 90 atmosphères. Cette pression suppose dans le générateur une température d'au delà de 40°, et l'on conçoit que la chaleur ne peut guère être moindre, lorsqu'on considère que l'on emploie, pour dissoudre le carbonate sodique, de l'eau de 35 à 40°, et qu'à cette température il faut ajouter celle qui se développe pendant le travail par les réactions chimiques.

Quoique la pression dans le récipient, dont la température ne s'élève pas au-dessus de celle de l'atmosphère, soit beaucoup moindre pendant le travail que celle qui se développe dans le générateur, nous avons pourtant donné aux deux vases la même résistance, parce qu'il est souvent utile de pouvoir, sans danger, élever la température de l'acide dans le récipient.

Calcul de la résistance du générateur et du récipient.

Le générateur et le récipient modifiés sont capables de supporter environ 1200 atmosphères, abstraction faite de la résistance du plomb et de l'enveloppe de cuivre.

[1] *Traité de Chimie* par Berzelius, édition de Bruxelles, 1838, vol. I, pag. 214.

En effet, la formule qui sert à calculer la résistance d'un tuyau métallique est:

$$P = \frac{ET}{R}.$$

P y exprime la force normale rapportée au millimètre carré, T représente la ténacité, E l'épaisseur du tuyau ou de l'anneau, et R le rayon. Or, l'épaisseur des anneaux de l'appareil est de 10 millimètres, leur rayon égale 60^{mm}, et la ténacité du fer est de 65 kilogrammes par millimètre carré. En substituant ces valeurs dans la formule, on obtient:

$$P = \frac{10 \times 65}{60} = \frac{65}{6} = 10^{k},83.$$

Comme la pression d'une atmosphère sur un millimètre carré est de $0^{k},01$ environ, la résistance du tuyau, exprimée en atmosphères, sera donc égale à $\frac{10,83}{0,01}$ ou 1083.

Dans ce calcul, nous avons pris pour expression de la ténacité du fer le nombre donné par les auteurs, savoir 65 k.; mais la ténacité du fer que nous avons employé est plus grande. Nous l'avons déterminée par expérience, et nous l'avons trouvée égale à 68 kilogrammes; de sorte que la résistance réelle est de 1133 atmosphères.

Calcul de la résistance des barreaux.

La circonférence des barreaux étant de 65^{mm}, la surface de leur section est donc égale à 702^{mm}. En multipliant cette surface par 65, on obtient, pour la ténacité absolue de chaque barreau, 45630 kilogrammes; ce qui revient à 365040 kilogrammes pour la ténacité totale des huit barreaux. En divisant ce résultat par 116,48 k., nombre qui exprime le poids d'une atmosphère sur les bases du cylindre retenues

par les barreaux, l'on obtient 3134 pour la résistance de ces barreaux exprimée en atmosphères [1]. L'union des bases avec les barreaux est établie à l'aide d'écrous suffisamment résistants.

De ces calculs nous pouvons déduire comme conséquences :

1° Que le générateur et le récipient présentent une solidité plus que suffisante pour résister aux pressions qui peuvent se développer dans ces instruments, puisque la pression dans le générateur ne dépasse pas 90 atmosphères, et que celle du récipient n'atteindrait pas 150 atmosphères lors même qu'on le plongerait dans de l'eau bouillante.

2° Qu'il y a inégalité de force entre les parois des cylindres et les barres qui réunissent leurs bases. Cette disposition n'est pas accidentelle, mais elle a été provoquée à dessein.

Ne voulant pas nous borner à déterminer la résistance par le calcul, nous avons soumis les deux vases à une pression de 500 atmosphères environ, au moyen d'une petite pompe hydraulique que nous avons fait construire à cet usage.

Pour la sécurité de ceux qui voudraient se servir de l'appareil modifié, nous garantissons qu'aucun de ces instruments ne sortira des ateliers de M. Bernaert, de Gand, sans avoir été convenablement essayé.

Deux objections ont été faites jusqu'ici à notre appareil. On a prétendu d'abord qu'un des anneaux pouvait se briser en plusieurs endroits à la fois, et qu'ainsi des éclats de fer pouvaient être projetés avec une force considérable; ensuite, que l'épreuve faite avec la presse hydraulique est insuffisante, puisque l'on a vu parfois un fusil, essayé avec une charge très-forte, éclater par une charge ordinaire.

La force à laquelle doivent résister les anneaux de l'appareil se réduit à une force de traction ; or, il est reconnu que le fer battu résiste bien à ce genre d'effort. Si cependant la pression devenait irrésistible, il y aurait infailliblement rupture, mais il est infiniment probable qu'elle aurait lieu sans produire de malheur. En effet, si les

[1] Le rayon de la base égale 60^{mm}, ce qui donne pour la surface 11309^{mm} carrés, sur lesquels une atmosphère exerce, à raison de 0^{k},0103 par millim. carré, une pression de 116,48 kilogr.

anneaux étaient d'une égale force entre eux et partout, ils se rompraient tous à la fois et dans toutes leurs parties; mais cette égalité de résistance est matériellement impossible. Jamais un fil de fer soumis à une traction ne s'est rompu en deux endroits à la fois, et cependant un fil présente, pour la réalisation du phénomène, des conditions bien plus favorables que nos anneaux. Cette égalité de résistance n'existant pas, ce serait le point le plus faible de l'anneau le moins solide qui cèderait, et alors, dans cette partie, les chaudières intérieures n'étant plus retenues, feraient bosse et se déchireraient pour donner passage au gaz.

Dans une chaudière ordinaire ou dans une arme à feu il y a explosion, parce que toutes les parties sont liées entre elles pour ne former qu'un tout; dans notre appareil, au contraire, les anneaux étant isolés, l'un d'eux venant à se briser, il n'entraînerait pas nécessairement la rupture totale; en outre, l'anneau brisé resterait emprisonné entre les barres longitudinales.

Il est vrai que si les anneaux étaient plus résistants que les barres, les deux fonds de l'appareil pourraient s'écarter, être projetés au loin et devenir la cause d'accidents graves. Mais cette cause de malheurs a encore été prévue, et, pour la prévenir, on a donné aux barreaux, comme il a été dit déjà, une force bien supérieure à celle des anneaux.

A ces considérations théoriques, nous pouvons ajouter la garantie d'une longue expérience. Depuis plus de deux ans nous avons constamment au laboratoire un récipient chargé. A chaque instant il est placé tantôt dans un mélange réfrigérant, tantôt dans de l'eau à une haute température, et jusqu'ici nous n'y avons observé aucun dérangement. On objectera sans doute que M. Thilorier avait également fait usage depuis longtemps de son appareil quand arriva le malheur que l'on connaît; mais l'on ne doit pas perdre de vue que l'appareil de M. Thilorier était en fonte, et que souvent ce métal, après avoir fait preuve d'une grande résistance, se brise même sans pression, ce qui n'arrive jamais pour le fer battu.

Comme une partie des expériences dont il sera question dans le chapitre suivant ont été faites avec de l'acide carbonique liquide renfermé dans des tubes barométriques scellés à la lampe, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur la manière dont nous avons préparé ces tubes.

Nous adaptons au robinet du récipient, au moyen d'une balle de plomb, un tube de verre fermé à son extrémité libre, et qui présente un coude un peu au delà de la sortie du robinet. Dans l'étendue d'un pouce environ, et immédiatement au-dessous de la courbure, le diamètre intérieur est fortement rétréci (*fig.* 9). Le robinet étant ouvert, l'acide passe dans le tube, et comme il s'y trouve fortement comprimé, le refroidissement produit par du coton imbibé d'éther suffit pour le liquéfier. Quand le tube est rempli d'acide liquide, on ôte le coton, et on élève tant soit peu la température du tube. L'acide repasse lentement dans le récipient, et quand il n'en reste plus que la quantité voulue, on fait fondre une petite boule de cire fixée au-dessous du rétrécissement. Celle-ci, entraînée par le courant de gaz, se projette dans la partie effilée, et obstrue le passage en s'y figeant.

Le liquide étant emprisonné dans le tube, on intercepte la communication avec l'intérieur du récipient, on laisse échapper le gaz contenu dans l'intérieur du robinet, on coupe le tube près de la balle de plomb, et on le ferme à la lampe à l'endroit de la courbure.

Nous conservons depuis près de trois ans des échantillons d'acide liquide dans des tubes fermés de cette manière, et ceux que nous avons fait parvenir à l'académie en février 1843 avaient été obtenus par ce procédé.

CHAPITRE II.

PROPRIÉTÉS DE L'ACIDE CARBONIQUE LIQUIDE.

—

Propriétés physiques.

L'acide carbonique liquide est incolore, d'une fluidité excessive, et réfracte faiblement la lumière. Pour se maintenir à l'état liquide il exige une pression de 36 atmosphères à 0°. Entre — 65 et — 70° c. du thermomètre à alcool, il se prend en petites aiguilles blanches. Sa pesanteur spécifique d'après M. Thilorier [1] est :

0,90	à	—20°
0,83	à	0°
0,60	à	+30°.

Selon M. Mitchell [2], elle est de :

0,93	à	0°	c. ou	32°	Farenh.
0,8825	à	6,4	»	43,5	»
0,853	à	10°6	»	51	»
0,7385	à	23,33	»	74	»

D'après le premier de ces auteurs, de 0 à 30° il se dilate dans le rapport de 0,60 à 0,83. Le volume à 0 étant exprimé par un, le volume à +30° devient 1,3833, ce qui donne pour le coefficient de dilatation 0,0128, c'est-à-dire environ le quadruple du coefficient de dilatation des gaz.

M. Mitchell a trouvé que la dilatation, entre les mêmes limites, est

[1] *Annales de chimie et de physique*, tome LX, pages 427-432.

[2] *Polytechnisches Journal* von Dingler. Jahrgang 1839, Bl. 232. — Berzelius, *Rapport annuel sur les progrès de la chimie*, édit. de Paris. Ann. 1843, pag. 44.

de 0,25, ce qui donne pour le coefficient de dilatation 0,0107. Ce nombre, quoiqu'inférieur à celui qui a été trouvé par M. Thilorier, est encore le triple du coefficient de dilatation des gaz.

La valeur du coefficient de dilatation de l'acide liquide diminue avec l'abaissement de la température. Car, si l'on détermine ce coefficient d'après les variations de densité que le liquide éprouve de — 20° à 0°, l'on obtient 0,004, et ce nombre ne diffère plus que très-peu de celui des gaz. M. Mitchell, frappé de cet accroissement considérable dans la loi de dilatation de ce liquide, se demande si l'eau, à de hautes températures, ou à des pressions très-élevées, n'acquerrait point également le pouvoir de se dilater beaucoup plus qu'à des températures moins élevées, pour une même quantité de chaleur, et s'il n'y aurait pas là une cause capable de produire l'explosion des machines à vapeur?

La différence notable qui existe entre les résultats de M. Thilorier et ceux de Mitchell nous a portés à déterminer de nouveau la densité de l'acide carbonique liquide à diverses températures. Nous ne sachons pas que le premier de ces auteurs ait fait connaître le procédé qu'il a suivi. Le second a pesé un tube ou plutôt une boule de verre contenant un volume connu d'acide, et il a obtenu le poids de celui-ci en retranchant du poids total celui du tube vide, ainsi que celui du gaz qui se trouvait au-dessus de la surface de l'acide liquéfié. Ce procédé, qui n'est au reste que celui qui est généralement suivi en pareil cas, nous a paru présenter, pour l'acide carbonique, des difficultés d'exécution très-grandes, et qui pourraient fort bien être la cause de la différence que nous venons de signaler, si toutefois M. Thilorier a eu recours à la même méthode.

Nous sommes parvenus à des résultats plus sûrs et d'une manière facile par le moyen suivant.

Nous avons préparé divers petits tubes de verre, fermés aux deux bouts, et disposés de manière à ce que, plongés dans un liquide, ils s'y tinssent dans une position verticale à l'instar des aréomètres. Ces tubes de même volume différaient par leur poids. Ils étaient en équilibre :

Le premier, dans un liquide d'une densité de 0,9194
Le second, dans de l'eau distillée d'une densité de. 0,979576
Et le troisième, dans de l'éther de 0,7220

Chacun d'entre eux a été introduit ensuite dans un tube de plus grandes dimensions, et dans lequel nous avons fait passer de l'acide carbonique liquide (*fig.* 10).

En faisant varier la température de l'acide, nous avons trouvé que le petit aréomètre était en équilibre :

A + 1° dans le premier tube,
A — 8° dans le second,
Et à + 27° dans le troisième.

d'où nous concluons que la densité de l'acide est

De 0,9799885 à — 8° c.
De 0,9200 à + 1° c.
Et de 0,7229 à + 27° c.

Dans ces expressions, nous avons eu égard à l'effet produit par la compression que les petits aréomètres subissent dans l'acide carbonique. La correction nécessitée de ce chef a été calculée d'après la formule $c\ (1—0{,}0000165n)$, qui indique la compression du verre, et dans laquelle c représente la capacité, et n la pression en atmosphères.

Ainsi, de — 8° à + 1° l'acide carbonique liquide se dilate dans le rapport de 9200 à 9799. De sorte que le volume à — 8° étant pris pour unité, le volume à + 1° devient 1,0651, ce qui donne pour le cofficient de dilatation 0,00723, nombre qui est à peu près le double de celui de l'air. Si, au contraire, l'on considère la dilatation qu'éprouve l'acide de + 1° à + 27°, par un calcul analogue à celui que nous venons de faire, et en prenant pour unité la densité à + 1°, l'on obtient pour le coefficient de dilatation le nombre 0,0101 qui équivaut à peu près au triple de celui du gaz.

En comparant ces résultats avec ceux de M. Mitchell, l'on voit

que, malgré la difficulté d'exécution dont nous avons parlé, cet auteur est parvenu à des nombres assez exacts, et les conséquences qu'il en a déduites peuvent être considérées comme justes.

Le rapprochement des expériences de M. Thilorier, de M. Mitchell et des nôtres donne le tableau suivant :

DEGRÉS centigrades.	DEGRÉS Farenheit.	DENSITÉ.		
		THILORIER.	MITCHELL.	MARESKA et DONNY.
— 20	»	0.90	»	
8	»	»	»	0,979988
0	32	0.83	0.93	»
+ 1	»	»	»	0.92
+ 6. 4	43.5	»	0.8825	»
+ 10. 6	51	»	0.833	»
+ 23.33	74	»	0.7385	»
+ 27	»	»	»	0.7229
+ 30	»	0.60	»	»

En élevant d'un seul degré la température de l'eau dans laquelle un aréomètre, semblable à ceux dont nous nous sommes servis, était en équilibre, nous avons déterminé la descente rapide du petit instrument au fond du liquide. Or, si l'on considère qu'à la température à laquelle nous avons agi, un degré de différence dans la chaleur ne produit qu'une différence de 0,0000794 dans la densité, l'on peut juger de l'extrême sensibilité de notre instrument, et se convaincre qu'il est impossible d'arriver à des résultats aussi exacts par la pesée.

Effets thermoscopiques. — Lorsque nous avons fait parvenir dans le temps à l'académie des tubes renfermant de l'acide carbonique liquide, nous avons cru devoir en présenter un qui pouvait la rendre témoin du phénomène le plus curieux que présente l'acide carbonique condensé. Le volume de l'acide condensé dans ce tube augmentait

par le froid et diminuait par la chaleur. Ce phénomène, qui paraît paradoxal au premier aspect, s'explique pourtant d'une manière fort naturelle.

Si l'on soumet à l'action de la chaleur un tube de verre renfermant une tranche de liquide et une tranche de gaz, la dilatation augmente le volume du liquide, et la vaporisation tend à le diminuer. Or, il peut arriver que les deux effets se compensent, ou bien que l'un des deux l'emporte sur l'autre. Dans le premier cas, il n'y aura ni augmentation ni diminution sensible de volume par la chaleur. Dans le second, il y aura augmentation quand la dilatation excèdera la vaporisation, et il y aura évidemment diminution de volume dans l'hypothèse inverse. C'est cette dernière circonstance que nous avons réalisée dans le tube transmis à l'académie.

L'équilibre entre la dilatation et la vaporisation, ainsi que la prédominance de l'une sur l'autre, dépendent du rapport entre l'étendue de la tranche d'acide liquéfié et la capacité totale du tube. M. Thilorier a trouvé qu'il y a équilibre quand ce rapport est de 26 à 60; les deux autres effets ont lieu, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de cette limite.

Pour nous rendre compte de l'influence de ces rapports, considérons, par exemple, le cas de l'équilibre. Soit un tube BA (*fig.* 11), divisé en 60 parties égales. Supposons que le tube soit à 0°, et que 26 des parties soient occupées par de l'acide liquide. La quantité d'acide gazeux qui saturera l'espace AC équivaudra à trois divisions d'acide liquide. Pour saturer à + 30° ce même espace AC, qui comprend 34 divisions, il faudra 11,33 divisions d'acide liquide; or, comme il y en avait déjà trois à zéro, la tranche liquide ne devra en fournir en réalité que 8,33; ainsi par l'effet de la vaporisation, la tranche de liquide, dans le passage de 0° à + 30°, se réduit à 17,67 divisions. Mais, comme l'acide, entre les limites de 0° à + 30°, se dilate, selon M. Thilorier, dans le rapport de 20 à 29, il en résulte que, par la dilatation, le niveau s'élèvera de la division 17,67 jusqu'à la division 25,64; de sorte que les effets de la vaporisation et de la dilata-

tion se compenseront sensiblement, et que le niveau ne variera pas.

M. Thilorier a vu dans ces phénomènes un moyen de vérifier les nombres auxquels il était parvenu par ses recherches sur la vaporisation et la dilatation. En effet, le calcul que nous venons d'établir pour déterminer le point d'équilibre repose sur deux données, savoir : que, dans les limites de 0 à + 30°, la dilatation s'opère dans le rapport de 20 à 29, et que la quantité d'acide liquide à 0° nécessaire pour saturer de gaz un espace vide, est représentée par une tranche liquide égale au douzième de l'espace dans lequel s'opère la vaporisation, quand la température est à 0°, et au tiers quand elle est à + 30°. Or, si l'expérience démontre que le point d'équilibre est exactement celui qu'indique le calcul établi sur ces données, il est évident qu'il en résulte une probabilité en faveur de l'exactitude de ces mêmes données. Il serait possible toutefois que, dans des opérations aussi délicates, il y eût eu double erreur, dont les effets se seraient détruits. C'est ce que fait présumer la coïncidence entre les chiffres obtenus par M. Mitchell et les nôtres.

Pression. — Faraday a trouvé que l'acide carbonique liquéfié fait équilibre à 36 atmosphères à 0° c. M. Thilorier a confirmé ce résultat et a, en outre, déterminé la pression à — 20° et à + 30°; d'après lui, la première équivaut à 26 et la seconde à 73 atmosphères. Ces données s'accordent sensiblement avec celles de M. Mitchell, qui a trouvé :

A 32°	Farenh.	ou à	0°	centig.	36	atmosphères.
A 47°	»	»	8,33	»	45	»
A 66°	»	»	18,89	»	60	»
A 86°	»	»	30	»	75	»

Dans l'espoir d'arriver à la connaissance de la loi que suit la pression aux diverses températures, nous avons fait un grand nombre d'essais d'où nous avons conclu que la pression :

A — 20°	c. est de	23,65	atmosphères.
A — 15	»	25,30	»

A — 10	c. est de	27,50	atmosphères.
A — 0	»	36	»
A + 6,5	»	42	»
A + 10	»	46	»
A + 15,5	»	52	»
A + 19	»	57	»
A + 23,5	»	63	»
A + 27	»	68	»
A + 30,75	»	74	»
A + 34,50	»	80	»

M. Thilorier a fait remarquer que l'augmentation de la pression est d'une atmosphère par degré centigrade de température. Cette assertion, basée sur les nombres que nous avons rapportés plus haut, résulte également de nos expériences. En effet, de — 20° à + 30°,75, c'est-à-dire pour une différence de 50°,75 dans la température, la différence dans les pressions est de 50,35 atmosphères. Cependant, nous ne pouvons nous empêcher de faire observer que ce résultat n'est vrai que dans certaines limites, parce que la force élastique croît dans un rapport plus grand que la température. De — 20° à 0° l'augmentation de la tension est de 0,61 par degré; de 0° à + 19 elle est de 1,1 et de + 19 à + 35, elle s'élève à une atmosphère et demie par degré.

Nous avons tâché de représenter par une construction graphique la marche que suit la pression. La courbe se rapproche de la logarithmique (*fig.* 11bis). A l'époque où nous avons fait nos expériences, nous ne connaissions que le mémoire de M. Thilorier, et comme la manière dont il s'y est pris pour déterminer la pression n'y est pas décrite, nous avons dû imaginer nous-mêmes un moyen pour y parvenir. Nous avons adapté au récipient de la machine ou de l'appareil de Thilorier modifié un manomètre construit de manière à donner des indications très-visibles depuis 20 jusqu'à 100, et même jusqu'à 160 atmosphères.

Ce manomètre consiste en un tube de verre AT (*fig.* 12) d'environ 0^{m},80 de longueur, et fermé à l'une de ses extrémités. A l'autre extré-

mité est adapté un tube TC, qui présente un renflement tel que sa capacité est 20 fois plus grande que celle du tube AT.

Le manomètre plonge dans un réservoir en fer, formé d'un cylindre creux R, d'un bouchon B et d'un couvercle H. Le cylindre R présente vers le milieu de sa hauteur deux ouvertures *bb'*, pour l'introduction des tubes de communication. Le bouchon et le chapeau sont percés dans toute leur longueur pour livrer passage au manomètre. La partie inférieure de celui-ci plonge dans le mercure contenu dans le cylindre. Pour empêcher les fuites, le bouchon s'adapte à vis sur le cylindre, et son rebord comprime une rondelle de plomb *aa'* placée sur le rebord correspondant du réservoir. Le chapeau s'adapte sur le bouchon d'une manière analogue, seulement la rondelle de plomb est remplacée par une balle P du même métal et chaussée sur le manomètre.

Lorsque plus tard nous nous sommes procuré le mémoire de M. Mitchell, nous avons reconnu que cet auteur s'était servi d'un manomètre qui présente quelque ressemblance avec celui que nous venons de décrire.

Il se compose d'une boîte de fer AB (*fig.* 13) contenant du mercure. Cette boîte est mise en communication avec le générateur au moyen d'un tube CD qui s'ouvre au-dessus du niveau du métal liquide. Un autre tube EF, adapté à la paroi supérieure du réservoir AB, porte un tube de verre GH gradué comme les manomètres. Un troisième tube de fer IK pénètre par cette même paroi jusqu'au fond de la boîte ; il est également surmonté d'un tube de verre gradué TL.

Le gaz arrivant dans la boîte par le tube DC fait monter un index de mercure *m* contenu dans le tube GH. Cet index y marque distinctement les pressions, pourvu qu'elles ne s'élèvent point au delà d'un petit nombre d'atmosphères.

A mesure que l'index monte dans le tube HG, le mercure s'élève dans le tube IK ; admettons que lorsque l'index marque cinq atmosphères, le niveau du mercure se trouve au point initial *m'* de l'autre manomètre. Il est évident qu'à partir de ce point les divisions du

second manomètre seront des multiples par le nombre cinq des divisions du premier [1].

Cet instrument présente l'avantage d'indiquer les petites pressions comme les pressions les plus fortes, mais on peut également appliquer avec facilité notre manomètre à la détermination de tensions faibles. Il suffirait à cet effet de substituer dans la boîte de fer, au tube AC (*fig.* 12) un autre tube qui ne présenterait point de renflement à sa partie inférieure, et qui serait exactement calibré et divisé.

Nous croyons inutile de faire observer que dans l'appréciation des tensions, au moyen de ces instruments, l'on doit nécessairement avoir égard au poids de la colonne de mercure et à la température de l'air dans le tube manométrique. Dans les essais dont nous avons consigné les résultats plus haut, cette température a été réduite à zéro.

Pour obtenir au moyen du manomètre la pression à différents degrés de chaleur, il a fallu évidemment faire varier la température de l'acide. Nous avons tant de confiance dans la solidité et la résistance de notre appareil, que pour y parvenir, nous n'avons pas hésité un instant de plonger le récipient dans des bains à toute espèce de température depuis — 20° à + 40°, et même jusqu'à la température de l'eau bouillante.

Compressibilité. — Les changements extraordinaires de volume qu'éprouve l'acide carbonique liquide par les variations de température, portent naturellement à croire que sa compressibilité doit être plus grande que celle des autres liquides connus. Voici ce que l'expérience nous a appris à cet égard :

Un tube de verre de 321^{mm} de longueur a été rempli totalement d'acide carbonique à 32°, et a été plongé successivement dans des bains à 37, 42, 47 et 52° cent. Le tube a parfaitement résisté aux trois

[1] Nous ne connaissons le mémoire de M. Mitchell que par la traduction allemande qui a été publiée dans le *Polytechnische journal von Dingler;* dans cette traduction, le manomètre est décrit d'une manière tellement sommaire, que nous avons dû, pour ainsi dire, en deviner la construction.

premières épreuves, et il ne s'est rompu qu'après un séjour d'une minute environ dans l'eau à 52°.

Le coefficient de dilatation de l'acide étant 0,0101, il est évident que, sans la compression exercée par les parois du tube, la colonne de liquide, en passant de 32 à 47° et ensuite de 47 à 52°, aurait acquis une longueur de 369^{mm},63, pour le premier accroissement de température, et de 385^{mm},84 pour le second, c'est-à-dire qu'elle se serait allongée d'abord de 0,1514 et ensuite de 0,2 de son volume primitif. La résistance du tube ayant empêché cette dilatation, le liquide au moment de l'explosion subissait donc une compression qui dépassait le sixième, et qui était moindre que le cinquième de son volume.

Le calcul nous a fait trouver, pour la résistance du tube, 500 atmosphères; cependant, comme le liquide au point de départ était à 32°, et que la pression qu'il exerce à cette température s'élève à 76 atmosphères, la réduction n'a été produite en réalité que par 424 atmosphères; la compressibilité de l'acide carbonique liquide, correspondant à une atmosphère, est donc intermédiaire entre + 0,000357 et + 0,000471 de son volume primitif : comparée à celle de l'eau, elle est au delà de dix fois plus grande.

Ce résultat, à cause de l'élévation du chiffre qui l'exprime, est sans doute très-extraordinaire, et constitue pour l'acide carbonique une propriété remarquable de plus à ajouter à celles qui étaient déjà connues.

Pour déterminer la compressibilité avec une très-grande exactitude, il faudrait savoir ce que devient le coefficient de dilatation pour des températures supérieures à 27 ou 30°. Comme la dilatation croît avec la température, et que la chaleur de l'acide comprimé était de 32 à 52°, le coefficient 0,0101 que nous avons employé était évidemment trop petit. L'on peut donc admettre pour expression de la compressibilité la limite supérieure 0,000471 avec la certitude de rester encore en-dessous de la réalité.

Propriétés chimiques.

Nous n'avons rien à ajouter à ce que M. Thilorier a fait connaître concernant les propriétés chimiques de l'acide carbonique liquide. Il est sans action sur l'eau [1], il est solube dans l'alcool, l'éther, l'huile de naphte, l'huile essentielle de térébenthine, et le sulfide de carbonique.

Sa préparation dans des chaudières de fer, de plomb et de cuivre, prouve qu'il est sans action notable sur ces métaux; il ne réagit sur aucun de ceux des six dernières sections, mais il est décomposé par le potassium et le sodium.

CHAPITRE III.

PRÉPARATION ET PROPRIÉTÉS DE L'ACIDE CARBONIQUE SOLIDE.

Préparation.—Lorsqu'on reçoit un jet d'acide carbonique liquide dans une bouteille de verre, ou dans un autre vase convenablement disposé, l'acide se répand instantanément à l'état de gaz, et le froid produit par l'expansion est si intense qu'une partie de l'acide se congèle en une poudre blanche pulvérulente et adhérente au verre.

Pour recueillir cet acide solide, M. Thilorier a fait construire une boîte, divisée par son milieu en deux parties qui s'adaptent à frottement doux. Le fond de chaque compartiment présente un certain nombre de petites ouvertures pour le passage du gaz qui devient

[1] Quand on introduit de l'eau et de l'acide dans un même tube, les deux liquides restent parfaitement séparés. C'est par cette expérience qu'on peut le mieux se convaincre de l'excessive mobilité de l'acide condensé, et de la faiblesse avec laquelle il réfracte la lumière. Quand le tube est en repos la tranche d'acide qui surnage l'eau se voit avec peine; quand on le retourne, l'acide se meut avec une grande facilité, et l'eau, par l'effet de la capillarité, reste immobile.

libre, et l'un d'eux est muni à l'extérieur d'un tuyau, au moyen duquel on chausse la boîte sur un chalumeau adapté au robinet du récipient. Quand le récipient est ouvert, le liquide s'échappe avec force, il se produit du gaz qui se dégage par les ouvertures de la boîte, et l'acide solide, concentré par un réflecteur, s'accumule sous la forme d'une boule. M. Thilorier dit que dans cette opération un tiers environ de l'acide se solidifie. M. Mitchell n'a obtenu qu'un huitième. Cette différence provient probablement de la température de l'acide liquide qui influe considérablement sur la quantité du produit. Cent d'acide liquide à 0° nous ont donné 29 d'acide solide, tandis que cent d'acide à 15° n'en ont produit que 19.

Pour déterminer la quantité d'acide solide que fournit l'acide liquide à une température donnée, nous avons adapté au chalumeau du récipient une boîte en cuivre (*fig.* 14) communiquant d'une part avec le récipient, et d'autre part avec un gazomètre. Un crible métallique, placé à l'ouverture de dégagement, empêchait l'acide solide d'être entraîné par le courant gazeux, et pour faciliter l'extraction de l'acide produit, le fond de la boîte a été rendu mobile, et s'adapte à vis au reste de l'appareil.

Le récipient ayant été placé dans de la glace fondante pour maintenir l'acide à 0°, l'on a, à plusieurs reprises, recueilli de l'acide solide, et son poids a été comparé, chaque fois, avec celui du gaz obtenu dans le gazomètre. La moyenne de ces expériences a donné pour résultat 44,5 grammes d'acide solide, et 106,5 grammes d'acide gazeux. L'assertion de M. Thilorier se trouve donc confirmée, pour autant toutefois qu'elle se rapporte à de l'acide à 0°, ce qui n'est pas clairement exprimé dans les instructions de l'auteur [1].

Les expériences faites avec l'acide à + 15°, nous ont donné, en moyenne, 23 grammes d'acide solide pour 116,6 grammes d'acide gazeux; ce qui revient, comme nous l'avons dit plus haut, à 19 pour cent.

[1] Instructions manuscrites sur l'emploi de l'appareil de Thilorier.

Le procédé que nous avons suivi nous ayant permis de travailler sur de grandes quantités d'acide, les conclusions auxquelles nous avons été amenés semblent devoir offrir toutes les garanties désirables d'exactitude.

Propriétés. — L'acide carbonique solide est blanc, neigeux, on peut le pétrir pourvu que les mains ne soient point humides, et que le contact ne se prolonge point; dans ce cas, il produit une sensation de brûlure. Il se laisse facilement tasser, et prend l'empreinte de la peau et des corps sur lequel on le comprime. Placé en très-petits morceaux sur une surface même horizontale, il glisse et se meut continuellement, parce qu'il est soulevé par une atmosphère d'acide qui l'environne jusqu'à son entière disparition. Exposé à l'air, il condense autour de lui la vapeur de l'atmosphère, et paraît répandre de la fumée. Il s'évapore complétement, et l'humidité qu'il laisse pour résidu n'est autre chose que la vapeur d'eau de l'atmosphère qu'il a condensée. Dix sept grammes fortement tassés se sont évaporés en une heure 20 minutes. La température était à 22° centigrades et la pression à 76,2. L'évaporation moyenne est donc de 21 centigrammes par minute. 40 grammes d'acide, dans les mêmes circonstances, ont perdu, pendant la première minute, 70 centigrammes. M. Mitchell a obtenu des résultats différents : selon lui, 17 grammes 30 (346 grains), à la température de 24 à 25°, perdraient, en une minute, de 15 à 20 centigrammes, et toute la masse ne disparaîtrait qu'après 3 $\frac{1}{2}$ heures, de sorte que l'évaporation moyenne ne serait que de 8 centigrammes par minute.

Cette différence nous a engagés à répéter nos expériences dans des circonstances nouvelles. Dans nos premiers essais l'acide abandonné à l'évaporation avait été placé sur du papier, et s'était trouvé par conséquent presque de tout côté en contact avec l'air. Croyant qu'il était possible que l'évaporation fût plus lente dans un vase qu'à l'air libre, et que peut-être la différence entre les résultats dût être attribuée à cette cause, nous avons introduit 12 grammes d'acide fortement tassé

dans une éprouvette cylindrique. Le diamètre intérieur du verre était de 23mm; l'acide y occupait une hauteur de 60mm; la température de l'air était de 13 degrés centigrades, et la pression barométrique de 746mm. Les douze grammes d'acide se sont évaporés en 59 minutes. De sorte que l'introduction de l'acide dans un verre n'a pas sensiblement changé la marche de l'évaporation, et que la moyenne de celle-ci doit être évaluée, comme nous l'avons fait, à 20 ou 21 centigrammes par minute.

L'acide carbonique solide produit des effets frigorifiques considérables, et dont on n'avait aucune idée avant sa découverte. C'est sans contredit la propriété la plus remarquable de ce corps, et celle qui sera la plus fertile en applications.

Lorsqu'on plonge un thermomètre à alcool dans un bain d'acide carbonique solide, le liquide descend à 80 ou 82 degrés au-dessous de zéro. Si en ce moment on soumet l'acide à un grand courant d'air, l'alcool baisse encore de plusieurs degrés. Nous avons produit de cette manière jusqu'à 90 degrés de froid. Le froid est plus grand encore quand on enveloppe le thermomètre d'une pâte faite avec de l'acide et de l'éther, et qu'on l'agite dans l'air. Dans le vide, et en absorbant l'acide à mesure qu'il se dégage, le froid devient excessivement intense, et tel qu'il devient impossible de le mesurer à l'aide des instruments en usage.

En soumettant ainsi à l'action réfrigérante de l'acide carbonique, soit dans l'air, soit dans le vide, *des gaz liquéfiés dans des tubes de Faraday*, nous sommes parvenus, comme nous l'avons annoncé à l'académie en janvier 1843 [1], à en solidifier quelques-uns, tandis que d'autres sont restés liquides à la température la plus basse.

Dans la première catégorie se placent :

1° Le *cyanogène*, déjà obtenu à l'état solide par Bussy, et qui se congèle en une substance blanche cristalline, entre — 30 et — 35°. Au moment où la solidification s'opère, on voit s'échapper quelques bulles de gaz;

[1] Voy. *Bulletins de l'académie des sciences de Bruxelles*, année 1843, pag. 75.

2° L'*acide sulfureux*, qui devient solide entre — 80 et — 85°. C'est encore une substance incolore. M. Mitchell dit l'avoir solidifié à — 110° Farenheit;

3° L'*ammoniaque*. Quand elle est parfaitement anhydre, elle ne se gèle pas dans le bain d'acide et d'éther placé dans l'air, il faut opérer dans le vide. Quand notre thermomètre marquait — 115° c. tout le liquide contenu dans le tube était devenu solide, il a commencé à se liquéfier de nouveau à — 88°.

L'ammoniaque solide est une belle substance blanche, cristalline, et transparente;

4° L'*oxyde azoteux*. Cet oxyde, comme l'ammoniaque, exige pour se geler une température plus basse que celle que l'on peut produire par le bain froid à l'air.

C'est encore une substance cristalline et incolore;

5° L'*acide carbonique*, qui se prend en petits cristaux aiguillés ou prismatiques vers — 70°;

6° L'*acide nitrosonitrique;*

7° Le *sulfide hydrique*.

Les gaz liquéfiés qui n'ont pas pris l'état solide, et qui ont résisté à l'action de l'acide carbonique, même dans le vide, sont :

1° Le *chlore;*

2° Le *chloride hydrique*.

Ces essais sur la solidification des gaz n'ont porté, comme on le voit, que sur ceux de ces corps qui avaient déjà été liquéfiés par le système Faraday. Pour liquéfier ou même pour solidifier les gaz permanents, nous avons fait construire un appareil qui permettra de les soumettre à une pression de plusieurs centaines d'atmosphères, en même temps qu'ils seront exposés à l'action de l'acide carbonique dans le vide.

Différentes substances, qui à la température ordinaire de l'atmosphère sont liquides, ont également été placées dans le bain froid; quelques-unes ont donné lieu à des remarques que nous croyons dignes de fixer l'attention.

L'*alcool* de 0,8084 de densité, ou à 97° de l'alcoomètre centigrade,

ne s'est pas solidifié complétement; mais à — 80° il est devenu assez visqueux pour ne plus couler. Selon Mitchell l'alcool de 0,798 acquiert la consistance de cire à — 146° Farenheit.

L'*élaïne* n'est pas devenue entièrement dure.

L'*éther*, l'*huile de naphte* perdent de leur fluidité sans changer d'état.

Le *sulfide carbonique* ne passe pas non plus à l'état solide, quel que soit le froid auquel on l'expose.

L'*acide nitrique* de 1,5 de densité se congèle en une masse cristalline blanche vers — 50°.

Le *chloride hydrique* très-concentré prend la consistance de beurre sans affecter aucune forme cristalline visible. A cette basse température il cesse de rougir le papier de tournesol, et ne produit plus aucune réaction chimique.

L'acide sulfurique monohydraté pur, comme l'on sait, cristallise à — 34°. Mais il n'en est plus de même lorsqu'on y ajoute de l'eau, de manière à réduire sa densité à 1,829 à 14° c. L'acide ainsi dilué ne se solidifie plus entièrement, même par le plus grand froid. Il reste pâteux, on peut y faire pénétrer, sans effort, un fil métallique, et il mouille encore les corps.

L'acide sulfurique, dans cet état, ne rougit plus le tournesol; il ne réagit plus sur les alcalis, sur les carbonates, sur l'iodure potassique, ni même sur le chlorate potassique.

Le chlore et l'ammoniaque anhydre n'ont point perdu, à — 80°, la faculté de réagir chimiquement l'un sur l'autre. Il ne faudrait point en conclure que ce que nous avons observé pour l'acide sulfurique et le chloride hydrique ne fût point l'effet d'une loi générale; il en résulterait seulement que les effets se manifesteraient pour les différentes substances à des degrés de froid différents [1].

[1] Depuis que ce mémoire a été remis à l'académie, MM. Schroeter, de Vienne, et Dumas, ont également fait réagir certains corps les uns sur les autres à la température du bain d'acide carbonique solide, et ils sont arrivés à des résultats analogues. Ils ont démontré qu'à — 80° le chlore ne se combine plus à l'antimoine, et nous-mêmes, dans une lettre publiée dans le *Bulletin*, t. XII.

Ce que nous avons dit plus haut de l'action du froid sur l'alcool, prouve combien peu l'on doit se fier aux indications du thermomètre à alcool, quand il s'agit de mesurer l'abaissement de température produit par le bain d'acide carbonique. Puisque dans ce bain l'alcool le plus pur perd de sa liquidité, il est bien probable que son coefficient de dilatation se rapproche alors de ceux des solides, et que ses contractions ne sont plus en rapport avec ce qu'elles sont à une température plus élevée. Notre thermomètre à alcool, qui porte 150 divisions au-dessous de zéro, marquait — 115° dans le vide, et pourtant nous avons la conviction que le froid y était beaucoup plus intense.

Comme, à nos yeux, presque toute l'importance de la découverte de la solidification de l'acide carbonique gît dans l'emploi bien dirigé des effets frigorifiques de ce corps, nous croyons que le but le plus immédiat à atteindre est de trouver un moyen convenable de mesurer exactement les basses températures. La première idée qui se présentera sans doute à quiconque s'occupera de cet objet, sera de substituer à l'alcool l'un ou l'autre des liquides dont l'état n'est pas changé par le plus grand froid; c'est ce qui nous est arrivé, et nous avons construit un thermomètre ou plutôt un *frigomètre* à sulfide carbonique, qui marquait de + 25 à — 100° c., et dont les indications correspondaient sensiblement avec celles du thermomètre à alcool, jusque vers — 90°.

Cependant, toute réflexion faite, il est peu probable qu'on arrive à des résultats rigoureux au moyen des liquides. Nous croyons que les gaz seuls peuvent convenir pour ce genre de recherches. Si l'on n'est pas entièrement certain de la régularité de leur contraction à des températures très-basses, elle est du moins très-probable, tandis que l'on peut avoir une certitude presque entière que les lois de

pag. 225, et que M. Dumas a bien voulu communiquer à l'académie des sciences de Paris (séance du 15 mars 1845), nous avons fait voir qu'à cette même température, le chlore perd toute son action sur le potassium et le sodium, tandis qu'il continue à se combiner avec le brome, l'iode et le soufre; en outre, nous avons confirmé l'observation faite par M. Dumas qu'à — 80° le chlore se combine encore avec beaucoup d'énergie à l'arsenic et au phosphore.

la contraction des liquides subissent des altérations fortes, même à des températures qui sont loin de s'approcher de celles que l'on peut avoir à constater.

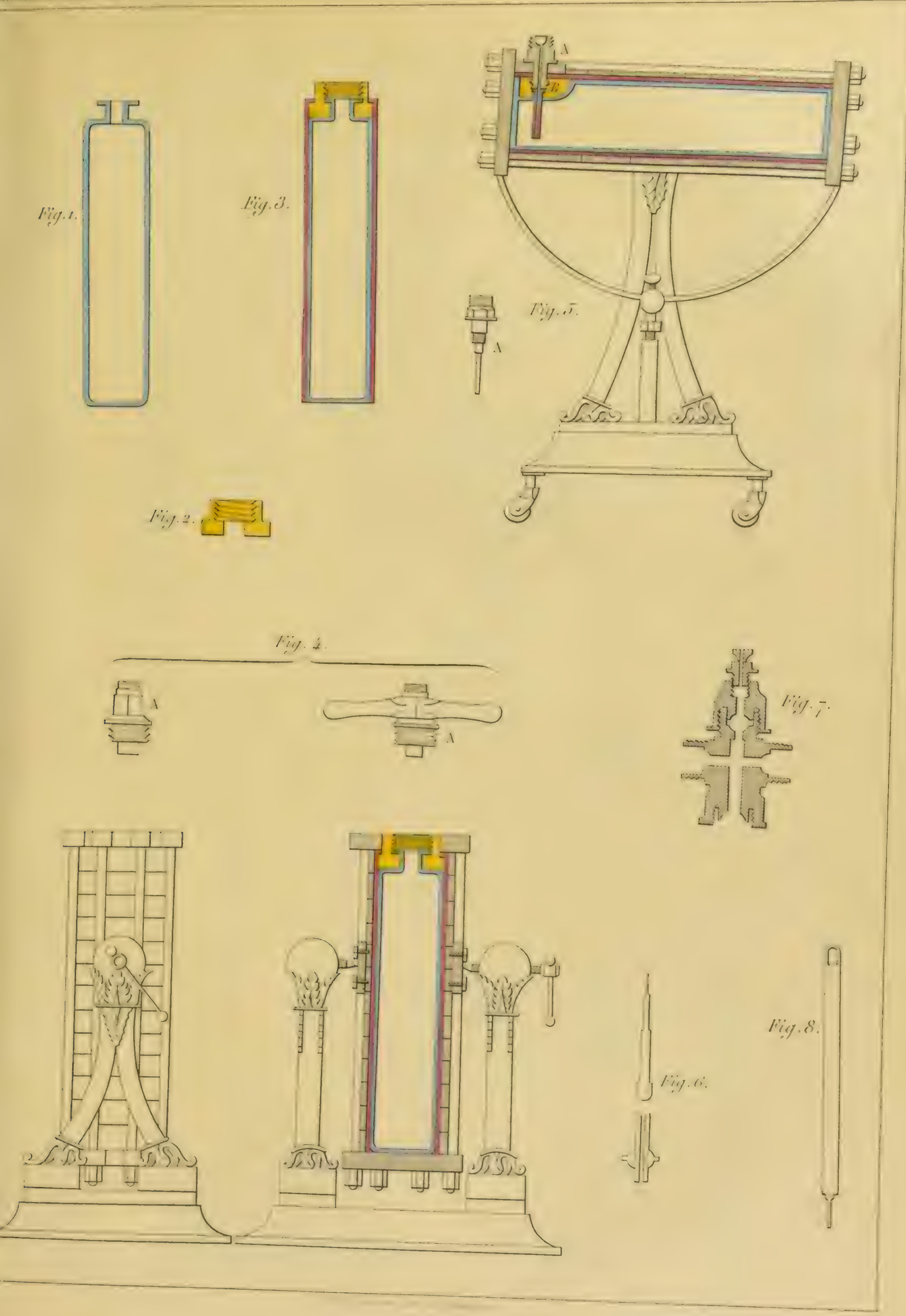
La construction d'un frigomètre ou *kryomètre* [1] à air, capable de fonctionner dans le vide, demande de grands soins et présente des difficultés réelles. Ces difficultés sont en grande partie la cause pour laquelle nous avons retardé jusqu'ici la publication de ce mémoire, quoique tous les faits qu'il contient aient été enseignés dans nos leçons depuis longtemps, et qu'ils soient connus depuis plus d'un an de plusieurs membres de l'académie à qui nous en avons parlé.

Notre frigomètre à air sera bientôt terminé. Sans nul doute, son emploi nous permettra d'indiquer exactement les points de solidification des gaz, et modifiera les chiffres que nous leur avons assignés plus haut.

Nous nous proposons de faire, de la description de cet instrument, des résultats qu'il nous fournira, ainsi que de la liquéfaction des gaz permanents, l'objet d'un second mémoire.

[1] De κρυος, grand froid, et μετρέω, je mesure.

FIN.


Fig. 1.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 5.
A
B
Fig. 4.
Fig. 7.
Fig. 6.
Fig. 8.

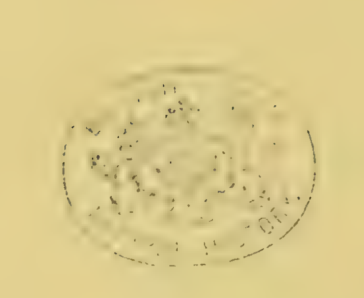


Fig. 10.

Fig. 14.

Fig. 9.

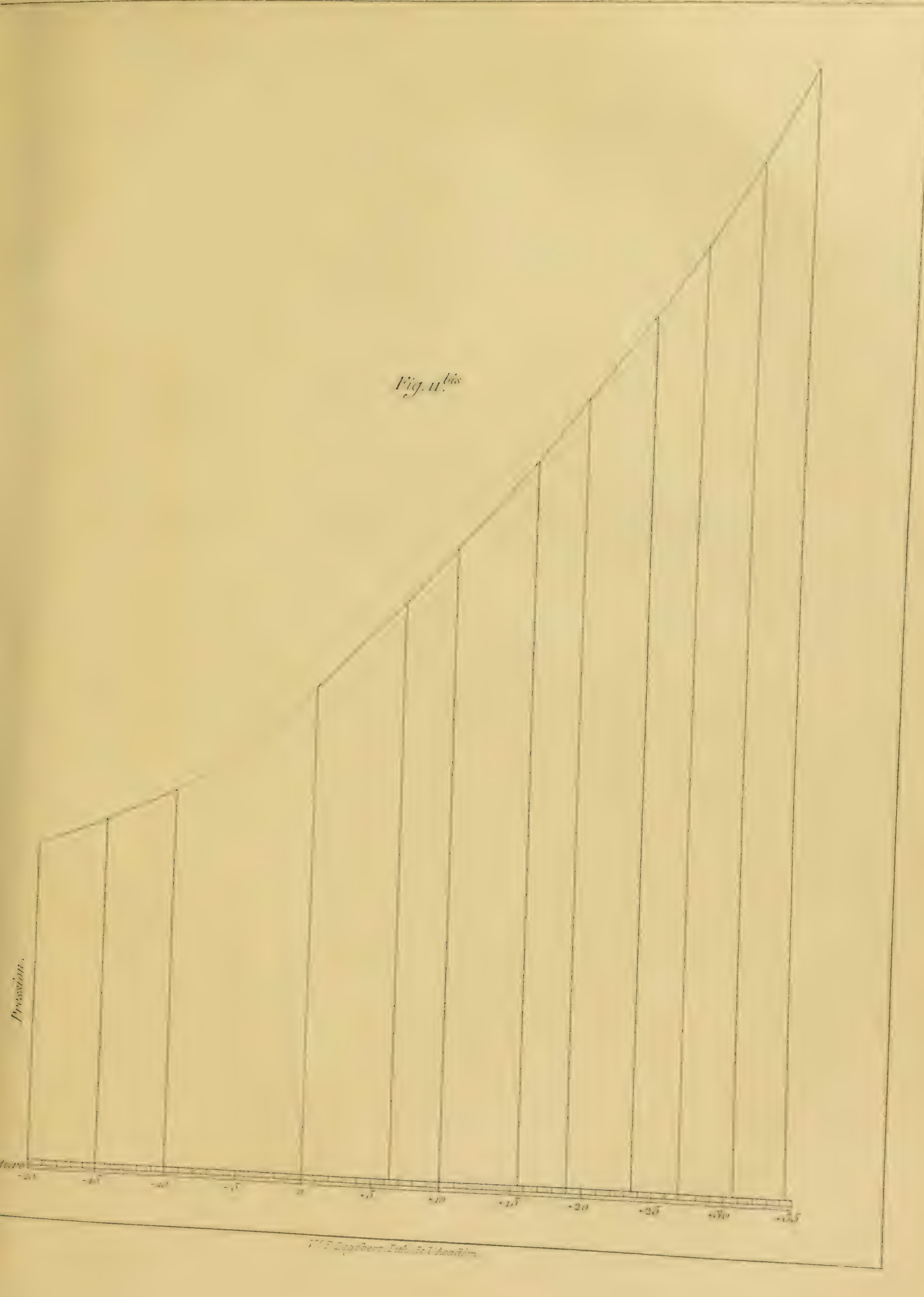
Fig. 12.

Fig. 13.

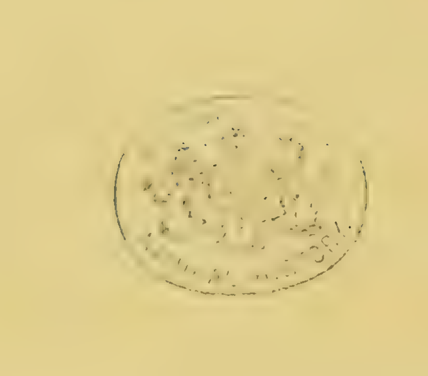
P = 5 atmosphères

Fig. 11.





Vve P. Degobert, Lith. de l'Académ.



NOTICE GÉOLOGIQUE

SUR

LE DÉPARTEMENT DE L'AVEYRON,

PAR

M. MARCEL DE SERRES,

CONSEILLER, PROFESSEUR DE MINÉRALOGIE ET DE GÉOLOGIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE MONTPELLIER, CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR.

Mémoire présenté à la séance du 5 février 1844.

département de l'Aveyron, nous étudierons les diverses formations géologiques qui les constituent, en commençant par les plus anciennes. Ainsi nous avons d'abord porté notre attention sur les terrains primitifs qui paraissent antérieurs à l'existence des corps vivants, et avoir dû leur solidification à un pur effet thermométrique, c'est-à-dire, à l'abaissement de la température de la surface du globe. Nous avons fait remarquer que ces terrains, dont l'étendue est assez considérable dans ce département, étaient surtout très-développés vers le nord et à l'est. Les diverses roches ou matières minérales en grandes masses qui constituent ces terrains, ainsi que leurs rapports avec la culture des lieux dont ces roches ont composé le sol, nous ont ensuite occupé.

Cet examen terminé, nous avons successivement indiqué les divers minéraux que l'on rencontre dans les terrains primitifs, ainsi que les divers usages auxquels on les applique.

L'étude des terrains primitifs achevée, nous avons examiné les terrains de transition, produits à ce que l'on suppose à l'époque où la vie encore peu abondante à la surface de la terre et peu variée dans sa manifestation, commençait pourtant à y paraître, à animer cette même surface, précédemment inerte et nue. Quant à ces formations, considérées par le créateur de la géognosie comme une sorte de passage entre les temps où la vie n'existait pas encore, et ceux où elle a apparu, peu abondantes en Aveyron, elles n'y ont pris nulle part une certaine importance.

Les formations sédimentaires secondaires, parmi lesquelles nous comprenons les terrains houillers, les grès bigarrés et la plupart des roches calcaires de l'Aveyron, fixent ensuite nos regards. Nous faisons sentir l'importance des dépôts houillers de ce département, dont plusieurs fournissent du charbon de pierre d'excellente qualité, particulièrement ceux du canton d'Aubin. Ainsi l'établissement de Firmi ou de

Decazeville doit la plus grande partie de ses avantages aux dépôts de houille de ce canton. Ce combustible est en effet de si bonne qualité, qu'il se métamorphose facilement à l'air libre, et sans qu'il soit nécessaire de le disposer dans des foyers quelconques, en *coak*. Ce coak sert ensuite à alimenter les hauts-fourneaux qui se trouvent en assez grand nombre dans le vaste établissement de Decazeville.

Les grès bigarrés, remarquables en Aveyron par leurs nuances presque constamment rougeâtres, sont également l'objet de nos observations. Nous montrons à quel point leur développement a été considérable dans ce département, ainsi que l'utilité dont sont ces roches pour les constructions de tout genre. Parmi les monuments de l'Aveyron, construits avec les grès bigarrés, il en est peu de plus remarquables que la cathédrale de Rodez, dont les belles proportions et l'élévation frappent et étonnent tous ceux qui visitent ce grand et imposant édifice.

Les divers calcaires secondaires de l'Aveyron, la plupart d'un âge plus récent que les grès bigarrés qu'ils surmontent, attirent enfin notre attention. Parmi les calcaires supérieurs aux grès bigarrés, l'on peut distinguer tout au moins trois principaux systèmes de couches d'un âge différent, systèmes qui sont surmontés par les formations oolithiques.

Les montagnes composées par les roches calcaires offrent assez généralement de vastes plateaux nommés *causses*, ces causses sont particulièrement consacrés à la culture du blé; tandis que le seigle et les prairies, sont l'objet de l'attention des cultivateurs qui habitent les terrains primitifs ou ceux de transition. Aussi, contrairement aux premiers, le sol occupé par ces terrains est-il connu sous le nom de *lou segala*.

Ainsi l'on nomme généralement en Aveyron *segala* les terrains

schisteux, gneiss et schistes micacés qui sont propres à la culture du seigle, et *causses* les terrains jurassiques, rarement les calcaires tertiaires. Ceux-ci sont favorables au blé. On connaît sous le nom de *rougier* (terrain rouge) les grès bigarrés et les marnes irisées appelées *camarès* dans le sud de ce département.

On y désigne enfin sous le nom de *grésier* (terrain de grès) le grès houiller, le *quadersandstein* et quelques lambeaux de grès bigarrés peu colorés. Les terres que l'on y désigne sous le nom de *terres fortes*, *d'aubugues* (terrain argileux ou marneux), appartiennent presque toujours aux formations jurassiques. Les terres de montagne sont divisées dans l'Aveyron en deux ordres : celles nommées *de varenne*, se rapportent généralement aux terrains granitiques; les terres *noires*, aux formations volcaniques, et enfin les terres de *rivière*, aux alluvions des temps géologiques ou des temps historiques.

Il ne faut par chercher parmi les formations volcaniques ces hauts pitons, ces vastes cratères qui les distinguent assez ordinairement. Loin de là, les formations volcaniques composent, en Aveyron, des montagnes à croupes arrondies, à sommets adoucis sans cratère et sans aucune bouche quelconque, en sorte qu'évidemment elles n'ont point été produites à la manière des matériaux volcaniques opérés par nos volcans brûlants. Ces formations sont le résultat d'une sorte d'épanchement, ou ont été produites par l'effet d'une force agissant de bas en haut. Cette force a ainsi soulevé toutes les montagnes volcaniques d'Aubrac, de Laguiolle et du mur de Barrès, dont les âges sont peut-être contemporains. Quoi qu'il en soit, les formations volcaniques sont à peu près uniquement bornées à la partie septentrionale de ce département; là seulement elles ont une certaine importance et une grande étendue.

C'est sur les gras pâturages qui recouvrent ces terrains volcaniques

que l'on élève les bestiaux dont le lait fournit ces fromages connus sous le nom de fromage d'Auvergne. Ceux-ci sont loin de rappeler le goût piquant des fromages Roquefort, faits uniquement avec le lait de brebis, et préparés dans des caves dont la fraîcheur est bien plus grande que celle qui règne dans les burons.

Les formations tertiaires de l'Aveyron nous occupent enfin; leur peu de développement et leur faible étendue ne nous arrêtent pas longtemps. Il n'en est pas de même des terrains quaternaires, les plus récents de tous les dépôts de sédiment qui ont été produits sur la surface de la terre. Ces terrains ont dans ce département, comme du reste dans tous ceux du midi de la France, une assez grande importance. Nous avons démontré qu'ils offraient aussi des limons à ossements, entraînés comme ailleurs dans les cavités souterraines. Sans doute le nombre des cavernes à ossements ne paraît pas encore bien considérable dans l'Aveyron, mais nous devons espérer qu'il le deviendra, par suite des recherches des naturalistes distingués qui l'habitent, et qui se livrent aux études géologiques. Ainsi, nous avons dû à M. Millet la connaissance des diverses cavernes des environs de Ville-Franche, et l'ardeur qui l'anime pour le progrès des sciences naturelles nous en promet bientôt d'autres, non moins intéressantes que celles d'Ordiget et de Mansalés, qu'il a découvertes.

Enfin, M. Boisse s'occupe avec activité de ce genre de recherches; il espère, et nous pouvons dire avec quelque fondement, d'en découvrir dans les environs de Rodez. Le zèle de ces naturalistes est du reste partagé par une foule d'autres; aussi pourrons-nous bientôt, avec leurs secours, publier un catalogue assez étendu des principaux corps organisés fossiles d'un département si riche sous ce rapport.

Le travail dont nous venons de faire connaître le plan, est terminé par un résumé général, destiné à réunir dans un cadre étroit l'ensemble

des faits de détail que nous avons précédemment exposés. Tel est l'ensemble d'un travail qui exigerait, pour être digne de l'objet auquel il se rapporte, encore bien d'autres observations, afin de prouver aux naturalistes aussi bien qu'à ceux qui s'intéressent au progrès de la géologie, que le département de l'Aveyron mérite tout leur intérêt.

NOTICE GÉOLOGIQUE

SUR

LE DÉPARTEMENT DE L'AVEYRON.

§ I. — DES DIVERS BASSINS DU DÉPARTEMENT DE L'AVEYRON.

Le département de l'Aveyron, un des plus étendus de la France, mérite à beaucoup d'égards l'attention des naturalistes. La variété de ses sites, ainsi que la diversité de nature des terrains qui le composent, frappent et intéressent tout à la fois autant peut-être ceux qui ne désirent dans leurs voyages que des sensations, que ceux qui cherchent à lire dans les entrailles de la terre les causes des révolutions ou plutôt des modifications dont notre globe nous montre partout des traces aussi frappantes qu'ineffaçables.

Ce département n'offre pas moins d'intérêt à celui qui se plaît à suivre les progrès de l'industrie, et à reconnaître la marche rapide que ces progrès ont faite de nos jours. Ce n'est pas sans étonnement que l'on découvre en Aveyron des établissements récents, qui rivalisent avec ceux dont l'Angleterre s'honore à si juste titre. Parmi eux, il en est

un surtout qui mérite d'être signalé, celui de Decazeville, dont le nom redit assez quel a été son fondateur. Malheureusement il ne peut entrer dans notre plan de décrire les établissements que possède actuellement l'Aveyron; d'autres objets devant uniquement nous occuper. Tout au plus dirons-nous quelques mots des matières premières dont ils font usage, et indiquerons-nous les formations où on les rencontre.

L'Aveyron ou le Rouergue, composé du comté de Rodez et de la haute et basse marche qui faisait partie de la province de Guyenne, est un des plus grands départements du royaume; sa surface totale est de quatre-vingt-quatre myriamètres carrés. Il se trouve entre le 40 et le 44e degré 55′ de latitude : le méridien de Paris le partage en deux. Ce département est borné au nord par le Cantal, à l'est par la Lozère et le Gard, au sud par le Gard, l'Hérault, le Tarn, et à l'ouest par le Tarn, le Tarn-et-Garonne et le Lot.

L'Aveyron se trouve en quelque sorte environné de tous côtés par des montagnes élevées, dont les principales se rattachent au Cantal, à la Lozère et au Gard. Le côté de l'ouest, le seul qui soit ouvert, donne passage à un assez grand nombre de rivières, dont la direction la plus générale et la plus constante a lieu de l'est à l'ouest. Dans ce cadre de montagnes, dont un certain nombre est volcanique, courent en divers sens des chaînes plus ou moins élevées, composées de roches primitives, parmi lesquelles dominent essentiellement des gneiss, des schistes micacés et quelquefois des roches granitiques.

Les principales rivières de cette contrée, le Lot et le Tarn, ont leur source dans la Lozère. Toutes deux vont se jeter, après un cours plus ou moins considérable, dans la Garonne. L'Aveyron donne son nom à ce département moins à raison de son importance, que parce qu'il y prend sa source; moins considérable que le Lot et le Tarn dont nous venons de parler, l'Aveyron va se jeter dans cette dernière rivière, au delà des limites de ce département. Enfin le Viaur, dont le cours est encore moins étendu, et qui y a également sa source, va se perdre dans l'Aveyron, près Saint-Martin de la Guépie.

De toutes ces rivières, le Lot seul est navigable pendant un certain

temps de l'année, et encore dans une partie de ce département. Les autres rivières sont beaucoup trop embarrassées de rochers, de bancs de sable amoncelés par leurs affluents, pour pouvoir servir à la navigation.

Ces diverses rivières divisent le département de l'Aveyron en plusieurs bassins principaux, que nous signalerons successivement, en commençant par le plus septentrional des trois ou celui du Lot.

Ce bassin est remarquable par la profondeur des vallées dans lesquelles s'écoule le Lot, la principale des rivières qui traversent cette contrée. Il est composé en partie par des formations volcaniques fort étendues, surtout vers la rive droite du Lot. La plupart des montagnes qui en bornent la rive gauche appartiennent aux grès bigarrés ou aux formations calcaires. Le second de ces bassins, celui de l'Aveyron, dont la direction générale en harmonie avec celle des autres bassins est de l'est à l'ouest, se trouve bordé, vers son origine, par des montagnes essentiellement composées de roches calcaires. Ces formations s'étendent même jusqu'auprès de Rodez; mais là paraissent les terrains primitifs, offrant constamment les mêmes roches que celles que nous indiquerons plus tard en parlant du bassin du Viaur. A ces roches succèdent assez souvent, comme par exemple dans la montagne sur laquelle Rodez est bâtie, les grès bigarrés, remarquables dans ce département à raison de leurs nuances constamment rougeâtres. Ainsi, ces grès qui appartiennent évidemment à la formation du *buntersandstein*, considérés minéralogiquement, se rapportent aux psammites rougeâtres. On les voit assez constamment surmontés par le lias, et passer par des gradations insensibles aux roches calcaires.

Le bassin formé par le Viaur, ou le plus central, a sa direction la plus constante en harmonie avec celle des autres bassins, c'est-à-dire, qu'elle est de l'est à l'ouest. Il se trouve bordé par des montagnes essentiellement composées de roches primitives, parmi lesquelles dominent les gneiss, les micaschistes, les phyllades micacés traversés par intervalle par de grands filons et d'immenses rognons de quartz.

Quant au bassin formé par le Tarn, le plus méridional de tous ceux

compris dans ce département, sa direction la plus générale est encore presque constamment de l'est à l'ouest. Du reste, le niveau de cette rivière est à peu près le même que celui du Lot, et l'une et l'autre coulent dans des vallées à la fois profondes et resserrées. Les formations qui appartiennent à ce bassin dépendent à peu près toutes des roches calcaires oolithiques.

Outre ces bassins principaux, il en existe une infinité d'autres dans ce département, mais quelque intérêt qu'ils présentent, nous avons cru devoir nous restreindre aux premiers. Cet aperçu peut, ce semble, donner une première idée des terrains que l'on observe dans l'Aveyron. Ces terrains, ainsi qu'on a pu en juger, se bornent aux primitifs, aux intermédiaires, aux secondaires et aux volcaniques. Du moins les terrains tertiaires et quaternaires y sont si peu étendus et si peu développés, qu'ils n'y ont réellement aucune importance et méritent à peine d'être mentionnés.

Ainsi, ces premières observations auront fait saisir que le département de l'Aveyron, entouré dans trois directions différentes par les monts élevés du Cantal, de la Lozère et des Cévennes, est essentiellement montagneux, comme les contrées dont il est environné. Il ne faut pas cependant s'attendre à y trouver ces grands effets, ces tableaux imposants qui frappent et qui étonnent dans tous les lieux où l'on découvre des monts élevés et des prés sourcilleux. Les montagnes de l'Aveyron, d'une élévation généralement médiocre, ne s'élancent jamais en aiguilles pyramidales comme celles des Alpes ou des Pyrénées ; par cela même elles n'ont rien de grand ni de majestueux. En effet, la montagne granitique la plus haute de l'Aveyron, ou les montagnes d'Aubrac, les points les plus culminants des formations volcaniques, s'élèvent d'une manière graduée et comme insensible. Dès lors leurs cimes ne se détachent pas d'une manière brusque sur le fond azuré du ciel, et ne produisent aucun effet pittoresque sur le paysage.

Les montagnes de l'Aveyron, à contours arrondis et généralement adoucis, ont donc un caractère de monotonie particulier. Aussi leur aspect n'a rien qui charme et qui étonne. Cependant à leurs pieds

existent parfois des vallées profondes où l'on contemple d'une part le ravage des eaux, et de l'autre les efforts de l'industrie, pour en diminuer les effets. Ces vallées creuses et profondes, dont les bords sont souvent escarpés, se font également remarquer par leur peu de largeur, qui permet à peine à l'agriculture d'y déployer ses merveilles. C'est en effet principalement sur les plateaux plus ou moins étendus de ce département qu'elle y exerce son activité, et qu'elle voit parfois ses efforts couronnés de quelque succès.

Quant aux plaines, il n'en existe proprement pas en Aveyron, à moins que l'on ne veuille y comprendre une suite de mamelons ou de collines ondulées dont les faîtes se maintiennent à peu près au même niveau. De pareilles plaines se montrent principalement dans les terrains calcaires, et ne se font guère remarquer que par leur sécheresse et leur aridité. Telles sont celles de Coucourés et de Sévérac dans le bassin de l'Aveyron, et celles du causse noir et du Larzac dans le bassin du Tarn.

Sous le rapport de l'agriculture, le département de l'Aveyron est donc peu favorisé, d'autant que sa température est assez constamment froide et humide. Aussi la vigne n'y prospère-t-elle que dans un petit nombre d'arrondissements, tels que ceux de Millau, de Ville-Franche, et dans le canton de Valady; partout ailleurs, elle ne peut être cultivée avec quelque avantage. La culture du blé y est extrêmement bornée; on ne s'y livre même que dans des terrains calcaires, dont le grand inconvénient tient à la faible épaisseur de la couche végétale sur ces terrains. Quoique le Segala, qui comprend, ainsi que nous le verrons plus tard, les terrains primitifs granitiques ou schisteux, ne soit guère propre qu'à la culture du seigle, la nature du sol permet à l'agriculture d'obtenir des produits plus variés et plus nombreux, c'est en effet dans le Segala que l'on peut espérer de grandes améliorations ; l'épaisseur des couches végétales qui s'y trouvent, les eaux abondantes qui le traversent, enfin la facilité du travail, tout concourt à promettre à l'agriculteur industrieux une récompense de ses soins et de son activité.

Il ne faut pas cependant s'empresser de conclure que le sol de l'Aveyron est favorable au développement et à la prospérité de ses habitants. Sous ce rapport, il est au contraire moins fertile que la plupart des autres départements du sud de la France. Mais ce qui doit nécessairement faire accroître sa population, c'est d'une part les richesses minérales qu'il renferme dans son sein, et de l'autre, les progrès de l'industrie que ces richesses y entraînent. Aussi est-il peu de contrées qui offrent autant de chances favorables à un avenir fécond et prospère.

En effet, les mines de fer y sont extrêmement abondantes; peu d'entre elles sont sans doute exploitées, mais ne peut-on pas présumer avec quelque vraisemblance qu'on ne se bornera point à utiliser celles de Decazeville et du bassin du Lot, et qu'une foule d'autres, jusqu'ici sans usage, seront également mises à profit ? On le peut d'autant plus, que les mines de houille de ce département fournissent du charbon aussi abondant que de bonne qualité. Parmi ces mines, celles du canton d'Aubin, par exemple, offrent les couches les plus riches et les plus puissantes parmi toutes celles qui ont été exploitées jusqu'à présent. Nous pourrions également citer les couches de houille du bassin de Rodez, moins connues à la vérité, mais qui ne leur sont peut-être pas inférieures; elles paraissent même s'étendre sur une plus grande surface. Après ces immenses dépôts de charbon de pierre, l'on peut à peine mentionner ceux du Larzac, dont l'utilité ne sera bien réelle que si l'on vient à découvrir des mines de fer abondantes dans les arrondissements de St-Afrique et de Millau.

Des gîtes nombreux de sulfure de plomb et de cuivre gris, plus ou moins argentifères, ont également été autrefois l'objet d'exploitations assez considérables pour fournir des minerais aux hôtels de monnaies établis à Rodez et à Ville-Franche. Il y a plus encore, ces mines alimentaient un grand nombre de martinets à cuivre que possède le pays. Il est difficile de se persuader que ces gîtes métallifères ne puissent plus fournir des matériaux propres à répandre dans le département l'activité et l'industrie qui le vivifieront sans doute un jour. Espérons

que les hommes éclairés et industrieux qui l'habitent, s'adonneront à ce genre de recherches, dont les résultats ne peuvent que contribuer puissamment à la prospérité de leur pays, en y répandant des capitaux dont il manque essentiellement.

C'est en effet d'une part au manque de numéraire, et de l'autre à la difficulté des communications, que le département de l'Aveyron doit d'être resté si longtemps en arrière des progrès que l'industrie a faits dans la plupart de ceux qui l'entourent. Cependant l'administration a compris toute l'étendue des besoins de ce département. Aussi fait-elle ses efforts pour ouvrir des routes sur un grand nombre de points, et déjà des améliorations notables ont montré l'importance qu'elle attachait avec raison à la facilité des communications, dans un pays aussi coupé et aussi raviné.

L'industrie particulière a également secondé les efforts de l'administration; elle a créé divers établissements, dont un surtout est des plus remarquables. L'effet naturel de toutes les usines qui y ont été établies en assez grand nombre y a répandu des capitaux plus nombreux, qui sont venus apporter l'activité et la vie dans une contrée où, pendant si longtemps, aucun progrès utile n'avait été réellement tenté. Espérons que ces efforts communs, dirigés vers le bien public, ne se ralentiront pas, et que ce département, comme la plupart de ceux qui font partie de notre patrie, marchera dans cette voie du progrès vers lequel nous sommes poussés comme par une puissance irrésistible.

Étudions maintenant les terrains qui composent le sol de l'Aveyron, en commençant cette étude par la description des plus anciens ou de ceux qui, antérieurs à l'existence des corps organisés, ont été nommés primitifs ou primordiaux.

§ II. — DES DIVERSES FORMATIONS QUI COMPOSENT LE SOL DE L'AVEYRON.

—

1° FORMATIONS PRIMITIVES.

Ces formations sont principalement développées au nord et à l'est du département de l'Aveyron. On les observe également dans le centre de ce département, d'où elles s'étendent vers le sud-ouest. Ainsi elles abondent dans l'arrondissement d'Espalion, qu'elles occuperaient pour ainsi dire en entier, si elles ne s'y montraient pas dans un assez grand nombre de points recouvertes par les formations volcaniques. On les voit encore occupant de grands espaces dans les arrondissements de Rodez, de Ville-Franche et de St-Afrique. C'est surtout dans la partie sud-ouest de cet arrondissement que ces formations prennent la plus grande extension. Elles offrent également un développement assez considérable dans la partie moyenne et occidentale de l'arrondissement de Sauveterre, jusqu'à Najac (Tarn-et-Garonne).

Le Levezou, montagne comprise entre Millau et le pont de Salars, appartient à cette formation, ainsi que toute la bande resserrée entre l'Aveyron et le Viaur, bande qui, à l'ouest du département, passe au-dessous des roches calcaires.

Il est encore une autre bande primitive, limitée en général vers le sud par le Lot, et au nord, par les formations volcaniques; celles-ci se lient à celles du même genre du Cantal et de l'Auvergne.

Les principales roches qui font partie des terrains primitifs de l'Aveyron, et qui y prennent le plus grand développement, sont d'abord les gneiss, et en second lieu les granites, les micaschites, les schistes argileux et les phyllades micacés.

Ces roches principales en ont une infinité d'autres qui leur sont subordonnées; parmi celles-ci on peut citer : 1° les diorites ou diabases; 2° les stéatites; 3° les serpentines; 4° les amphibolites; 5° les eurites; 6° les pegmatites; 7° les leptinites; 8° les éclogites.

Les eurites se montrent plutôt subordonnées au gneiss qu'aux granites, soit la variété granitoïde, soit la porphyroïde ; il en est tout le contraire dans les hautes Cévennes, où les eurites se montrent comme en filons, dans la masse des granites qu'ils traversent dans toutes sortes de directions. Les pegmatites se montrent également en filons dans les granites. Les premières de ces roches dépourvues de mica, sont subordonnées aux gneiss principalement au-dessus de la Garrigue, sur l'ancienne route de Ville-Franche à Rodez. Les éclogites se présentent généralement subordonnées aux gneiss, ce qui est surtout manifesté dans les environs d'Arvieu près de Rodez.

Quant aux leptinites grenus, ils sont à peu près constamment dépendants et liés en quelque sorte au granite. Il en est de même du feldspath orthose. Cette roche simple s'y montre ou en filon ou en banc subordonné. On peut citer, comme exemple, le grand filon de Doumainrenc, près de Ville-Franche. Les filons de quartz existent au contraire aussi bien dans le granite que dans le gneiss. Le filon de Testas, dans la commune de Sauvensa, sur la route de Ville-Franche à Alby, peut être cité comme exemple de cette double position : il y est accompagné par le cuivre carbonaté vert. Parmi les filons de quartz que l'on observe dans le schiste micacé ou dans les phyllades micacés, on peut signaler les beaux filons du pont de Salars et des environs de Rodez, assez abondants pour servir à paver les routes. L'on rencontre également dans certains points des terrains primitifs des kaolins qui proviennent de la décomposition ou de l'altération des granites. Tels sont ceux que l'on voit sur la route de Ville-Franche à Millau. Ces kaolins pourraient y être exploités avec avantage. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'ils deviennent d'une grande blancheur après avoir été lavés, et surtout après avoir subi l'action du feu.

Le sol recouvert par les roches primitives, soit granitiques soit de gneiss, soit schisteuses, est nommé en Aveyron, comme dans les Cévennes, le *segala*, cette dénomination lui est donnée à raison de ce que les terrains composés de ces sortes de roches ne peuvent guère être utilisés que pour la culture du seigle. Le blé noir ainsi que les châ-

taigniers et les noyers prospèrent assez bien dans ces terrains. Le noyer n'y est du reste presque jamais l'objet d'une culture particulière, comme dans les causses formées par les terrains calcaires. Cet arbre, qui y est très-répandu, y réussit beaucoup mieux que dans tout autre sol.

Les formations primitives de l'Aveyron ont été pour la plupart soulevées et redressées; quelquefois leur soulèvement a été si violent, qu'elles forment à leur sommet comme des aiguilles verticales, plus ou moins élancées au-dessus de la surface. On peut citer comme un exemple d'un pareil redressement, les aiguilles de gneiss de la vallée de Morlhon, près de Ville-Franche, et celles des montagnes qui bordent l'Aveyron, dans les environs de Rodez.

Quant aux vallées parcourues par les différentes rivières qui traversent ce département, elles y sont constamment profondes et resserrées, par suite des formations dans lesquelles elles sont creusées. En effet, la largeur et l'étendue des vallées paraissent assez constamment en rapport avec la nature des roches et des terrains où elles sont placées.

Or, les roches primitives étant celles chez lesquelles cet état de mollesse paraît avoir été le moins prononcé, sont aussi celles que les anciennes eaux ont le moins érodées; car évidemment, la grandeur et la profondeur des vallées sont trop en disproportion avec le volume et l'abondance des eaux actuelles, pour pouvoir être considérées comme l'effet de leur action érosive. On sait du reste combien est faible cette action, et qu'elle n'a quelque effet marqué que lorsque les eaux courantes entraînent avec elles une certaine quantité de roches fragmentaires ou d'autres corps durs. D'après ces faits, il est aisé de juger pourquoi les vallées des terrains primitifs sont les plus étroites et les plus resserrées, et pourquoi, au contraire, elles sont les plus spacieuses dans les lieux recouverts par les formations les plus récentes.

Quant aux minéraux connus jusqu'à présent dans les terrains primitifs de l'Aveyron, ils sont en assez grand nombre. Nous mentionnerons d'abord les minerais métalliques, et nous indiquerons ensuite ceux qui ne peuvent être utilisés sous le même point de vue.

Le fer, assez abondamment répandu dans l'Aveyron, s'y trouve dans

plusieurs gisements différents, soit au milieu des terrains primitifs, soit, en second lieu, enclavé dans les roches secondaires. Tels sont, par exemple, les carbonates de fer exploités à Firmi et Lassale, et que l'on fond à Decazeville [1]; ceux-ci s'y montrent liés au terrain houiller sur lequel les fers carbonatés lithoïdes sont immédiatement superposés. Les fers oxydulés de Combenègre et du Puech-de-Morilhou, commune de Ville-Franche, existent au contraire dans les terrains primitifs. Il en est de même des sables chargés de fer titané ou de nigrine des environs de Sennac, près d'Asprières. Les ferrates de fer s'y montrent en couches subordonnées ou en amas dans les roches de gneiss; tandis que les sables chargés de titanate de fer sont en quelque sorte le résultat du lavage de la terre végétale du plateau de Sennac. Quant à cette terre végétale, elle paraît formée par la décomposition des syénites zirconiennes, qui occupent tout le plateau. Les mêmes lieux offrent également de belles syénites, dont les nuances sombres de l'amphibole contrastent avec les tons blanchâtres des feldspaths, qui entrent aussi dans leur composition.

On peut encore mentionner, comme se trouvant dans les mêmes terrains, les chromites de fer et les fers oxydulés du Puy-de-Vol, près Firmi, et ceux de Cassagnes, dans les environs de Najac; ces derniers sont non-seulement attirables, mais de plus ils ont des pôles bien distincts, comme les véritables aimants. Les fers magnétiques du Puy-de-Vol se trouvent disséminés en petits rognons dans la serpentine; malheureusement, ils n'y sont pas assez abondants pour pouvoir être jamais l'objet d'exploitations régulières; autrement ils seraient utilisés avec beaucoup d'avantages à raison de leur pureté.

Quant aux ferrates de fer de Combenègre, dont nous avons déjà fait mention, ils se montrent parfois accompagnés de grenats manganésifères (spessartines) d'une couleur brunâtre et d'un aspect légèrement vitreux. Ces grenats en roches qui forment des masses compactes et

[1] Ces mines fournissent annuellement de 80 à 100,000 quintaux de minerai à cet établissement.

homogènes, examinés avec une forte loupe donnant un grossissement considérable, présentent la forme globulaire qui caractérise cette substance d'une manière si particulière.

On observe généralement du carbure de fer dans les gneiss du Puech-de-Tire-Cabre, près le pont de Salars. Quant aux fers spathiques ou carbonates de fer, ils s'y montrent non-seulement, comme à Firmi, liés aux terrains houillers, mais également en filons puissants dans les roches granitiques. Tels sont ceux que l'on découvre à Mauron, dans la commune de Malleville, près de Ville-Franche. Cette variété de carbonate de fer n'est pas du reste lithoïde, comme celle qui repose sur les terrains houillers.

Les fers des terrains primitifs de ce département n'y ont pas été jusqu'à présent l'objet d'exploitations régulières comme ceux des terrains secondaires, assez abondants pour fournir un aliment suffisant aux hauts-fourneaux si nombreux dans le bel établissement de Firmi. Cependant les fers oxydulés des environs de Ville-Franche, tels que ceux de Combenègre et du Puech-de-Morilhou, des Phalanges et du monastère, près Rodez, sont trop riches pour ne pas espérer de les voir aussi mis à profit.

Le cuivre pyriteux et gris des terrains primitifs a été pendant longtemps l'objet d'exploitations régulières; ainsi au-dessus du village de Serres, vers la route qui conduit à la Paille près de la Bastide-l'Évêque, ce métal a été un objet d'industrie. Le cuivre était également exploité avec succès à la Bessière, commune de Cabanes, ainsi que dans les environs de la Bastide-l'Évêque, canton de Rieupeyroux. Il y avait aussi des mines de ce métal que l'on utilisait dans la commune de Cabanes près du village de la Bessière, enfin à Najac et à Corbières, village situé entre Najac et Montels. Quant au cuivre carbonaté bleu et vert, quoique assez commun dans les terrains primitifs, on n'en a jamais tiré le moindre parti dans le département de l'Aveyron; il en est de même des variétés du même genre que l'on voit abondamment répandues dans l'arkose de différentes localités de ce département.

Le zinc sulfuré qui accompagne parfois la chaux fluatée des terrains

primitifs, n'est pas assez abondant en Aveyron pour y avoir attiré l'attention; aussi ce métail n'y a-t-il jamais été mis à profit. Il n'en est pas ainsi du peroxyde de manganèse; ce minerai s'y trouve en assez grande abondance pour être employé avec avantage. Le manganèse se rencontre également au milieu des granites, des gneiss, et des micaschistes, soit au Mauron près de Ville-Franche, soit à Avèze, canton de Cadour, soit enfin à la Feuillade.

Trois variétés de plomb se montrent en Aveyron dans les terrains que nous étudions. Une seule de ces variétés y est assez commune pour être exploitée avec succès : c'est le sulfure de plomb. Quant aux autres variétés, le phosphate et le sulfate de plomb, elles ne peuvent être considérées que comme de pures curiosités minéralogiques. Le premier de ces sels, beaucoup plus rare que les deux autres, n'a été encore aperçu qu'auprès du village de Seyrottes, dans la commune de Morilhou, arrondissement de Ville-Franche.

Le phosphate de plomb accompagne à peu près constamment le sulfure du même métal. Le premier de ces minerais n'est jamais à lui seul l'objet d'une exploitation régulière comme la galène. En effet, ce minerai a été exploité dans une infinité de localités de ce département. Ainsi à Vesin, près de la Bastide-l'Évêque, dans le canton de Rieupeyroux, ce minerai a été l'objet d'exploitations régulières, ainsi qu'à la Bastide aux Serres, à Plousergues, dans la même commune de Bastide, aux Crozes près de Sauvenza, aux Miniers près de Peyrus, et enfin à Camtes et à Cantagrel, dans les environs de Sauvenza. On a également utilisé les minerais de Moullac et de Lavergnoll, près de Pesquiers, dans la commune de Ville-Franche, ainsi que ceux de la Bruyère, sur la route de Ville-Franche à Alby, de la Beaume de Maccaroux, du Calvaire près de Ville-Franche, et de Conques dans les environs de Rodez.

Le sulfure de plomb de Conques est accompagné par le fluor, genre d'association qui, comme on le sait, est extrêmement fréquent; ces mines fournissent du plomb sulfuré argentifère, lequel est accompagné aussi parfois des carbonates et des sulfates de plomb. Il paraît que très-

anciennement on a exploité du plomb sulfuré argentifère à Roque-Minouse, dans les environs de Brocquiez, et cela dans le grès bigarré rougeâtre, par conséquent, dans un tout autre terrain. On a jadis mis à profit le sulfure de plomb des environs de Viourols, au nord de St-Geniez-de-Rivedols. Cet établissement n'ayant pas eu le succès qu'on en avait espéré, on l'a totalement abandonné.

Des exploitations de plomb sulfuré ont été tentées dans les environs de Negrefoil, près de Rieupeyroux. Quoique la qualité du plomb fût excellente et que les produits en fussent abondants, ces exploitations n'ont pas été longtemps continuées. On n'a pas non plus utilisé les minerais de ce métal découverts à Lestevie, commune de Brandonnet, près des bords de l'Aveyron. On peut encore citer les mines de plomb sulfuré argentifère qui ont été exploitées auprès de Viourals, au nord de St-Geniez-de-Rivedols; elles ne le sont plus depuis quelque temps.

L'urane phosphaté hydraté au chalkolite des granites altérés des environs d'Entraigues ne peut être considéré avec le tellure découvert dans les même lieux, que comme une curiosité minéralogique. Il en est encore de même du titane oxydé que M. Millet a rencontré dans les environs de la Guepie, près de Najac.

Quant aux minéraux proprement dits que l'on trouve dans les roches primitives, ils sont en assez grand nombre dans ce département. Nous nous bornerons à en rappeler les principaux. Ainsi les tourmalines des granites d'Entraigues sont aussi remarquables par leur grandeur que par la beauté de leur critallisation. Il y en a en effet qui offrent les deux sommets, et dont le diamètre est de plusieurs centimètres. Les tourmalines des environs de Ville-Franche que l'on voit dans les micaschistes, sont beaucoup moins belles.

On rencontre des grenats dans un assez grand nombre de roches; on en découvre dans les éclogites et les diorites d'Arvieu, ainsi que dans les talcs chloriteux de la Mouline, près de Ville-Franche, et des terrains schisteux de Panat. On en observe également au milieu des talcs stéatiteux ou des stéaschistes de Cassagnes, dans les environ de Najac, comme dans les roches amphiboliques des mêmes localités et des en-

virons de Ville-Franche. La variété résinite s'y présente mêlée au fer oxydulé de Combenègre, tandis que les grenats noirs ou mélanites, n'ont été encore aperçus qu'auprès de moulin du Couchy, dans les environs de Combenègre.

On voit assez communément le disthène soit blanc, soit bleu, dans les roches de gneiss des environs d'Arvieu, près de Rodez. Pour l'amphibole, cette substance est également fort répandue en Aveyron; il en est de même de la plupart de ses variétés. La chaux fluatée y est au contraire assez rare; on ne peut guère en citer que deux variétés, la mamelonnée et la concrétionnée, mêlée avec le feldspath rose et le quartz gris, qui se trouvent sur la montagne d'Ulpy, près de Compalibat, dans le canton de Montbazin. La variété cristallisée en très-grands cubes se montre au contraire dans tous les filons, principalement à Mespoulières, dans les environs d'Aubin.

Nous citerons également dans les roches granitiques et les micaschistes, les filons puissants de baryte sulfatée, qui, assez ordinairement, accompagnent le sulfure de plomb argentifère. Cette substance y est parfois seule et sans mélange avec des minerais métalliques. Ainsi les filons de sulfate de baryte que l'on voit aux Serres, près la Bastide-l'Évêque, sur la route de Ville-Franche à Rieupeyroux, sont remarquables autant par leur étendue et leur puissance que par leur pureté.

Enfin les serpentines du Puy-de-Vol, près de Firmi, et celles de Cassagnes, près de Najac, renferment des couches considérables d'ophicalce veinée. Cette roche y a même été autrefois l'objet d'exploitations régulières soit à Firmi, soit à Cassagnes, mais non pas au Puy-de-Vol. Cependant elle pourrait y devenir la matière d'une industrie avantageuse; car son grain y est plus fin et ses couleurs y sont plus vives et plus variées. L'ophicalce veinée de Firmi et de Cassagnes était jadis livrée au commerce sous le nom de marbre vert antique, ou de marbre vert-de-mer, soit en raison des rapports qu'elle présentait avec l'ophicalce que l'on découvre dans les monuments antiques, soit à raison de ses couleurs. Ces deux dernières localités offrent également du chromite de fer. Nous n'oserions dire que son exploitation

pût être avantageuse, ne connaissant nullement la puissance ni l'étendue des masses de cette roche. Cependant tout fait présumer qu'elle pourrait être profitable : ce chromite de fer étant très-employé dans les arts, particulièrement dans les manufactures de porcelaine.

2° FORMATIONS DE TRANSITION OU INTERMÉDIAIRES.

Les terrains de transition, que nous avons désignés dans notre géognosie sous le nom de terrains secondaires inférieurs, sont peu étendus dans le département de l'Aveyron. Ils paraissent bornés à la partie méridionale de l'arrondissement de St-Afrique, principalement dans les environs de la petite ville de Brusques, ainsi que dans quelques localités de la partie orientale de ce département.

Ces formations y ont pris un développement considérable, se liant d'un côté à celles de Lodève et de ses environs, de l'autre à celles de Lacaume. Ces formations, composées essentiellement de schistes argileux, de phyllades et de calcaire, ont la plus grande analogie avec celles que l'on observe dans les environs de Lodève. Les roches calcaires qui font partie de ces terrains ont été jadis exploitées avec avantage comme marbre. Comme leur exploitation ne présente pas de nombreuses difficultés, on assure qu'elle sera bientôt reprise. Ainsi l'Aveyron, dont la plus grande partie de la surface est couverte de montagnes plus ou moins élevées, ne sera plus privé d'un objet que le luxe a rendu maintenant pour ainsi dire nécessaire.

Les formations intermédiaires ou de transition de Brusques, composent une bande qui s'appuie d'un côté sur les granites de la Montagne Noire, et qui de l'autre se rattache aux terrains secondaires qui se prolongent vers la base du plateau du Larzac. Ainsi l'on peut considérer les terrains de transition des environs de Lodève comme formant la continuation ou le prolongement des terrains intermédiaires qui sont si développés à Brusques.

Il paraît que ces derniers terrains appartiennent plutôt à la partie inférieure des formations qu'à la partie supérieure. Du moins l'on n'y

observe que des schistes argileux et des calcaires blanchâtres, grisâtres et rougeâtres, plus ou moins cristallins, à peu près sans aucune trace de corps organisés. Si l'entière série des couches de cette formation y existait, l'on y découvrirait probablement le vieux grès rouge, ou le grès rouge de transition, ainsi que le calcaire métallifère intermédiaire, si commun en Angleterre et aux environs de Namur. Cette même formation renferme auprès de Sylvanez une ampélite alumineuse qui se décompose à l'air extérieur; il s'y forme continuellement des efflorescences de sulfate de fer, et une sorte d'alun dont les habitants tirent parfois parti.

On observe également des schistes argileux de transition dans la partie orientale du département de l'Aveyron. Ces schistes se trouvent principalement auprès St-Jean du Bruel. Ils y fournissent des ardoises magnifiques aussi belles que celles que l'on exploite auprès d'Angers. Aussi leur beauté a-t-elle déjà attiré l'attention, et l'on commence à les exploiter avec avantage.

M. le docteur Barrau de Rodez a découvert également dans le calcaire de transition des environs de Bouch-Payrol près Fayet et Sylvanez, de la baryte carbonatée. Cette baryte est disposée en rognons sur les parois de la grotte de Bouch-Payrol qui regardent Brusques. Les mêmes cavernes offrent en outre de nombreux cristaux de quartz disposés en druses. Plusieurs de ces cristaux sont incrustés de cuivre carbonaté vert. Du reste il ne paraît pas que le carbonate de baryte de Bouch-Payrol y soit assez abondant pour pouvoir devenir l'objet d'une exploitation quelconque. La variété que l'on y rencontre ne se montrant ni en couches ni en filons, mais uniquement concrétionnée: elle ne peut donc dès lors avoir une certaine étendue.

3° FORMATIONS SECONDAIRES.

1. *Terrains houillers.* — Les terrains houillers sont extrêmement abondants dans le département de l'Aveyron, surtout dans les cantons où la formation du grès bigarré est très-développée comme, par exemple,

dans l'arrondissement d'Aubin. C'est dans cet arrondissement que se trouvent les couches de houille les plus puissantes, tandis que les mines du terrain calcaire du district de Millau fournissent les couches de houille les plus minces de celles qui ont été, dans ces contrées, l'objet d'exploitations régulières.

Deux conditions semblent résulter de l'observation des faits relativement à l'abondance des dépôts houillers dans ce département. Ces deux conditions sont d'une part, la présence des terrains primitifs, et de l'autre celle des formations du grès bigarré. Lorsque ces circonstances ne se rencontrent point, les dépôts houillers sont extrêmement restreints et ne donnent pas de produits abondants. Il est même à remarquer que les derniers de ces dépôts des terrains calcaires ont aussi leur niveau relatif (c'est-à-dire en comparant ce même niveau avec celui des montagnes où ils sont situés) plus élevé que les houilles placées au-dessus du terrain primitif. Ces dernières se montrent constamment, dans ces contrées, recouvertes par des grès ou psammites qui se rapportent aux *buntersandstein* ou grès bigarrés.

Ces houilles sont en effet généralement placées à la base ou au bas des vallées, tandis que les houillères du terrain calcaire de St-Georges et de Lavencas, se montrent au contraire assez élevées au-dessus de la vallée du Tarn, près de laquelle elles sont situées. Cette différence dans la position des couches de houille relativement aux bassins près desquels elles se trouvent, tient probablement à ce que les premières n'ont point été dérangées dans leur position primitive. Il en a été tout le contraire des secondes, soulevées par les masses calcaires entre lesquelles elles sont placées.

On peut donc considérer les terrains houillers de ce département comme se rattachant à deux grands ordres de formation, et constituant ou se rapportant à quatre bassins principaux, ou, si l'on veut, à quatre grandes vallées. Les formations houillères des trois premiers de ces bassins se maintiennent plutôt à la base ou dans le fond de ces vallées que sur la crête des montagnes qui les bordent; il en est le contraire de celles qui appartiennent au quatrième bassin.

Les dépôts houillers les plus considérables, ceux du nord-ouest, se rattachent au bassin du Lot; ces dépôts constituent les vastes houillères qui embrassent la vallée et la ville d'Aubin.

Les seconds, ou ceux du centre peut-être, beaucoup plus considérables que les premiers, se rattachent au bassin de l'Aveyron. Ils s'étendent en effet depuis Severac et Rodez jusqu'à St-Geniez-de-Rivedols. Ces dépôts forment comme deux zones allongées et non continues, qui s'appuient l'une sur le terrain primitif de Laguiolle, et l'autre sur celui de Viarouge. Le troisième, encore peu connu, situé au sud de Ville-Franche et vers l'extrémité occidentale de ce département, semble s'étendre depuis Monteils jusqu'à Puech-Mignon et Varen. Ce troisième système pourrait fort bien se rattacher au second, c'est-à-dire, à celui du bassin de l'Aveyron. Il serait encore possible qu'il se rapportât au bassin houiller particulier qui appartient à un autre département, celui du Tarn.

Le quatrième ou dernier bassin houiller qui est en même temps le plus méridional, se trouve dans la vallée du Tarn. Celui-ci appartient au système calcaire; aussi ses produits sont-ils généralement peu abondants.

Il en est tout différemment du bassin houiller du Lot ou de celui du nord-ouest; ce bassin offre des couches de houille non interrompues, dont l'épaisseur n'est pas moindre de 25 à 35 mètres. Ce qui n'est pas moins avantageux, ces masses donnent de la houille de la meilleure qualité; aussi peut-on facilement la convertir en coak, et cela en plein air. En effet, les parties les plus menues se collent parfaitement par la carbonisation; elles donnent ainsi des masses argentées de coak le meilleur et le plus léger. Enfin, ce qui rend l'exploitation des mines de houille de ce système encore plus profitable, c'est que cette houille est souvent recouverte par des couches puissantes de fer carbonaté compacte et lithoïde.

Ces avantages se trouvent réunis à Firmi et à Lasalle; aussi ont-ils fait prendre à l'établissement de Decazeville une importance que probablement il n'aurait jamais acquise sans cette double circonstance.

D'une part les mines de houille de Firmi, de Lasalle et d'Aubin fournissent de l'excellent charbon de pierre et en grande quantité ; de l'autre les masses de fer lithoïde qui les recouvrent donnent du très-bon fer. Ainsi la houille produit du bon coak, qui alimente les nombreux hauts-fourneaux établis à Decazeville, et les mines de fer dont les produits y sont fondus étant à peu près inépuisables, ces hauts-fourneaux auront pour longtemps des matériaux suffisants d'alimentation.

La houille n'est pas seulement abondante à Firmi et à Lasalle; il en est de même du fer carbonaté. Ce minerai est d'autant plus précieux, qu'il réunit avec lui le fondant nécessaire à la fusion du fer; aussi, dans les procédés suivis dans le fondage peut-être emploie-t-on beaucoup trop de castine à raison de la quantité de carbonate de chaux naturellement uni au minerai de fer. Par suite, la quantité des laitiers y est extrêmement considérable. Ce serait sans doute un petit inconvénient, mais il n'en est pas de même de la perte d'une grande quantité de combustible et de l'inconvénient qui en résulte pour la qualité de fer.

Les empreintes des végétaux que l'on découvre dans les bassins houillers de Firmi et de Lasalle ou plutôt de Decazeville, sont assez abondantes. On ne lira pas sans intérêt la liste de celles qui sont assez bien conservées pour être déterminables. Nous devons le tableau de ces espèces à M. Alphonse Boisse, que nous aurons souvent l'occasion de citer dans cette notice; voici du reste ce tableau :

FAMILLE.	GENRE.	ESPÈCE.	Observations.
Équisétacées.	Calamites.	Dubius.	
—	—	Cannæformis.	
—	—	Suckowii.	
—	—	Approximatus.	
—	—	3 espèces indéterminées.	
Fougères.	Nevropteris.	Auriculata.	
—	—	Villiersii?	
—	—	Species nova.	Pinnules très-finement découpées.
—	—	Autre idem.	Pinnules longues, étroites, flexueuses.
—	Odontopteris.	Major.	
—	—	Minor.	
—	—	Brardii (vel affinis).	
—	Cyclopteris.	Species nova (Trichomanoïdes affinis).	Feuille simple, oblongue, arrondie, nervures très-fines.
—	Pecopteris.	Arborescens.	
—	—	Cyathæa.	
—	—	Arguta.	
—	—	3 ou 4 espèces indéterminées.	
—	Sphenopteris.	Trifoliolata.	
—	Sigillaria.	Brardii.	
—	—	Candolliana.	
—	—	Plusieurs espèces indéterminées.	
Marsiléacées.	Sphenophyllum.	Fimbriatum.	
—	—	Dentatum.	
Famille incertaine.	Annularia.	Longifolia.	
—	—	Brevifolia (type).	
—	—	Brevifolia, var. minor.	
—	Asterophyllites.	Rigida.	
—	—	Volkmannia polystachia.	
—	Nœggærathia.	—	
—	Caulopteris.	—	
Fruits.	Cardiocarpon.	Carpolithes hexagones.	Carpolithes heptagone (esp. nouv.).

Cette indication des espèces végétales découvertes dans les houillères, est loin d'être complète; elle porte uniquement sur celles qui étaient assez bien conservées, pour que l'on puisse être certain de leur détermination. Il est loin d'en être ainsi des empreintes que l'on découvre dans les autres houillères de l'Aveyron, telles que celles de Censac, de Gages, de Bertholène, de Méjamels et de Laissac. Les végétaux fossiles de ces localités sont rares et en général mal conservés. On n'y reconnaît que les *Calamites Suekovii* et *cannæformis*, quelques *Pecopteris* indéterminables avec des *Sphenopteris* et des *Asterophyllites*. (*Wolkmannia polystachis.*)

Les houilles de Lasalle et de Firmi renferment de petits filons ou des amas d'allophane, substance que M. Guillemain, ingénieur de ces houillères, a le premier fait connaître. C'est un silicate d'alumine combinée avec de l'alumine hydratée; aussi diffère-t-elle essentiellement de l'allophane de Grafental par la quantité d'eau qu'elle contient. Cette substance d'une couleur blanchâtre se trouve en assez grande quantité dans les houilles de Firmi [1]. Quant aux couches de houille, elles se dirigent en général du nord-ouest au sud-est. Celles de Firmi plongent de 18 degrés vers le nord, tandis que celles de Lasalle inclinent vers le nord-est de 25 à 30 degrés.

Les principales exploitations du second système houiller sont celles de Censac, de Gages, de Bertholène [2], de Laissac, de Méjamels et de Drouilles, près St-Geniez. Ces houilles reposent dans le bas des vallons, sur le sol primitif, qui, par l'effet des soulèvements qu'il a éprouvés, ressort de tous côtés. La puissance de ces houilles est moins considérable que dans le premier système en exploitation; elle est même

[1] On y a également découvert une autre alumine silicatée hydratée qui, quoique décorée du nom particulier de *pholérite*, ne forme probablement qu'une même substance avec l'*allophane*. Ses caractères extérieurs sont à peu près les mêmes, ainsi que sa composition et son gisement. Celle-ci se trouve particulièrement dans les fissures des rognons des minerais de fer.

[2] Les mines de houille de Bertholène, situées sur la rive gauche de l'Aveyron, au bas de la montagne de Monterlhe, fournissent du charbon que, dans le principe, on croyait tout au plus propre à alimenter les fours à chaux, mais depuis lors on s'en est servi dans les diverses forges du pays avec beaucoup d'avantages.

ici extrêmement faible. Un grès dont les couches inférieures sont analogues au grès rouge, recouvre les masses houillères, tandis que les plus supérieures, tout à fait semblables au grès bigarré, se rapportent à cette formation. Du reste ceci n'est qu'une apparence, car il n'existe peut-être pas de véritable grès rouge parmi les diverses formations qui composent le sol de l'Aveyron, à moins que l'on ne prenne pour tel le grès rouge du pont de Camarès dans les environs de St-Afrique. Les couches les plus anciennes des grès qui recouvrent les houilles, ne sont probablement que les assises les plus inférieures des grès bigarrés. La compacité de ceux-ci, leur couleur rouge à peu près constante, font qu'il est souvent impossible de les distinguer des vrais grès rouges une fois qu'ils ont été détachés de leur gisement.

La difficulté est tout aussi grande lorsque ces roches n'offrent point les nuances variées qui leur ont fait donner le nom de grès bigarrés, et qu'ils se montrent en recouvrement sur les houilles. Conservant partout les mêmes nuances et la même texture, l'on ne voit jamais de roche interposée entre leurs assises supérieures et inférieures ; ainsi, faute de cette interposition, qui permettrait d'en distinguer les diverses formations, si toutefois il en est d'autres que celles du grès bigarré, il est difficile de ne pas les rapporter à cette sorte de roches.

La troisième formation houillère, beaucoup moins connue que les deux premières, n'a pas été jusqu'à présent l'objet d'exploitations régulières. Cette formation paraîtrait recouverte par le grès bigarré et le calcaire secondaire jurassique, ou du moins par un calcaire secondaire qui se montre supérieur à ce grès, toutes les fois que ces roches se trouvent en contact.

M. Alphonse Boisse, directeur actuel des mines de Cramaux (Tarn), a fait récemment une découverte intéressante dans les terrains houilliers de la Fomade, près de Rodez. Cet observateur y a, en effet, reconnu la websterite, en petites masses terreuses blanchâtres, disséminée sous forme d'amas allongés dans une argile grise stéatiteuse, très-douce au toucher, qui paraît appartenir aux couches supérieures du terrain houiller. Malheureusement pour la géologie de ce dépar-

tement, l'observateur que nous venons de citer s'est éloigné du pays qui l'a vu naître, et il est à craindre que personne n'imite son zèle pour les progrès d'une science qui devait avoir en Aveyron plus de prosélytes que partout ailleurs.

La quatrième formation houillère appartient à un tout autre système de terrain; aussi sa position est-elle très-différente de celle des autres formations. Les premières se montrent dans le fond des vallées, tandis que celle-ci, placée dans le calcaire secondaire jurassique, se trouve à une hauteur assez considérable par suite du redressement qu'elle a éprouvé postérieurement à son dépôt. Sa position favorise singulièrement l'exploitation de la houille que l'on en extrait, placée au-dessus du grand chemin de Millau à St-Afrique, presqu'au bord du Tarn. Les produits qu'elle fournit sont très-rapprochés des moyens de transport. Malheureusement la quantité et la qualité du charbon de pierre que l'on extrait des houillères de St-Georges et de Lavencas ne sont pas en rapport avec leur position : aussi ces mines ne sont-elles pas l'objet d'une exploitation considérable ni bien régulière.

Le calcaire dans lequel gisent les mines de St-Georges constitue une chaîne assez étendue, parallèle aux Cevennes et intercalée entre deux ramifications primitives, dont l'une va s'étendre en Languedoc, et l'autre sépare les bassins du Tarn et de l'Aveyron aux environs de Millau. On doit rapporter à la même formation les couches calcaires qui forment la chaîne du Larzac, couches faiblement inclinées vers l'est. Quoique violemment redressées, elles n'en recèlent pas moins des masses de houille qui leur sont parallèles. Il y a souvent deux ou trois couches de ce genre séparées entre elles par des lits calcaires. Parmi ces différentes couches de houille, il n'en est qu'une seule dont l'exploitation soit avantageuse.

La houille se montre ici encaissée entre deux lits de schiste argilo-bitumineux, très-pyriteux. Sa puissance offre rarement des variations considérables; elle est entre 0^{m},25 et 0^{m},40. La houille que l'on en extrait est plus ou moins compacte, solide ou friable; on la voit également

mélangée de sulfure de fer, d'argile et de schiste. En général, cette houille est d'assez bonne qualité, mais ses produits ne sont pas abondants.

Ce système houiller, composé de trois couches ainsi disposées, est lui-même intercalé entre les assises calcaires qui constituent les sommités de la chaîne secondaire du Larzac, au-dessus du village de St-Georges. Il se prolonge ensuite dans la vallée du Cernon, delà, dans celle du Tarn, jusqu'à la rencontre de la vallée de la Dourbie, dans laquelle on le retrouve constamment jusque vers Nant et au delà. Dans cette dernière vallée, on exploite cette houille sur plusieurs points, principalement dans les communes de la Rogue, de St-Viran, de Montmejan et de Cantalero.

Les houilles des terrains calcaires des environs de Millau sont assez constamment accompagnées de schistes bitumineux, sur lesquels l'on observe de nombreuses empreintes végétales. Ces empreintes ne signalent pas, comme celles des houillères qui se trouvent dans les terrains de grès, des plantes appartenant aux familles de fougères et des équisétacées, mais presque uniquement des végétaux de la famille des cycadées.

Les houilles des terrains calcaires de l'Aveyron se prolongent dans le département du Gard. C'est principalement sur les bords de la Dourbie et du Cernon qu'on les observe, à part celles de St-Georges et de Lavencas, que l'on voit sur les bords du Tarn, et celles que l'on exploite sur le Larzac, depuis la Cavalerie jusqu'à Nant et Contobre. Ces houilles ne forment, pour ainsi dire, qu'une seule et même couche, laquelle existe sur l'entier plateau du Larzac, à la même élévation et dans la même position, c'est-à-dire, entre le calcaire compacte oolithique et le calcaire dolomitique.

Les premières et les secondes formations houillères que nous venons de décrire, offrent dans leur exploitation d'assez grandes difficultés. Ces difficultés tiennent à la facilité avec laquelle ces houilles s'embrasent. On ne peut parer à cet inconvénient qu'en fermant toutes les issues par lesquelles l'air pénètre dans l'intérieur des mines. Comme

on se sert d'argile pour boucher ces ouvertures, l'argile, en se desséchant par l'action de la chaleur, laisse bientôt des interstices, lesquels donnent de nouvelles issues à l'air, et l'inflammation, loin de s'éteindre, n'en est que plus active.

On a cru, pendant quelque temps, pouvoir mettre à profit les résultats de la combustion; ces incendies souterrains donnent souvent lieu à la production de masses assez considérables d'alun souvent même assez pur. Des ateliers avaient été établis à cet effet, soit à Aubin, soit à Fontaines. Ces ateliers n'ont plus prospéré depuis l'époque où l'on a vu que le moyen le plus simple pour se procurer de l'alun d'une grande pureté, était de le fabriquer de toutes pièces, en combinant des argiles pures avec l'acide sulfurique. Aussi depuis lors, les usines d'Aubin et de Fontaines ont donné si peu de profit qu'elles ont été abandonnées.

B. Terrains du calcaire conchylien et des grès bigarrés. — Le grès bigarré, *buntersandstein* des géologues allemands, est la seconde des formations de sédiment qui ait, en Aveyron, le plus d'étendue [1]. Sa direction la plus générale a lieu du nord-est au sud-ouest, formant ainsi une large bande qui, commençant vers St-Geniez-de-Rivedols, se dirige vers Rodez et Marcillac. On la revoit encore se diriger vers Firmi et Aubin, s'étendre dans tout le bassin houiller, puis vers Rignac, d'où elle se prolonge jusqu'à la Tribaille, dans les environs de Ville-Franche. Cette bande, celle du moins qui se dirige vers le sud-ouest, va se joindre, après plus ou moins d'interruption, aux grès bigarrés qui se sont étendus vers Ville-Franche; elle va se réunir aux roches du même genre des environs de Cramaux, dans le département de Tarn.

Ces grès bigarrés quoique assez chargés de paillettes de mica, offrent souvent une grande compacité; alors, ils sont exploités comme

[1] Ce terrain est connu dans le département de l'Aveyron sous le nom de *rougier*. Cette dénomination lui a été probablement donnée à raison de sa couleur.

pierres de taille et pierres d'appareil. Ils durcissent considérablement à l'air; par suite ils acquièrent la plus grande solidité, et conservent la pureté de leurs contours. On peut en voir la preuve dans la belle cathédrale de Rodez, qui en est entièrement bâtie, ainsi que la plupart des édifices et des maisons de cette ville. Leur couleur, généralement rougeâtre, devient souvent foncée, nuance qui leur donnerait un certain prix si elle se conservait sous le ciel froid et humide de l'Aveyron [1]. Quoique généralement rougeâtres, ces grès sont parfois violâtres ou verdâtres; lorsqu'ils offrent ces couleurs variées qui les caractérisent le plus ordinairement, on les voit surmonter ou alterner avec des marnes irisées de couleurs très-variées; ces roches offrent peu de corps organisés; cependant M. le docteur Barrau de Rodez y a découvert un individu du grand genre oursin, qui, d'après ce qu'il m'en a dit, devait probablement se rapporter au genre spatangue de Lamark.

Les montagnes formées par les grès bigarrés se présentent, en Aveyron, sous une forme arrondie, s'étendant par des lignes ondulées et adoucies qui n'ont rien de bien saillant ni d'abrupte. Quant aux terres qui résultent de la décomposition de ces grès, elles sont généralement peu fertiles, à moins que, par amendement, on ne soit parvenu à en corriger la nature quarzeuse.

On trouve peu de minéraux disséminés dans la masse de ces grès; l'on n'y a observé jusqu'à présent que du cuivre carbonaté vert et bleu, et cela dans les environs de Marcillac. Le sulfure de plomb y a été également aperçu dans les environs de Cantaloube. Quant aux cristaux de gypse ou de sulfate de chaux, ils sont assez communs dans ces roches et même dans un assez grand nombre de localités. On en a signalé à St-Afrique, ainsi que dans les environs de Marcillac et de Valady. Le gypse de Varens n'appartient pas à la formation du grès bigarré, ainsi qu'on l'avait supposé, mais bien aux formations

[1] Cette roche est nommée à raison de sa couleur *nouveau grès rouge*, par les géologues anglais. Elle a du reste de grands rapports avec le grès rouge ancien; elle en diffère essentiellement par sa position au-dessus du terrain houiller.

tertiaires. On le découvre en effet au milieu des terrains d'eau douce très-développés, analogues à ceux du département du Gers, où les gypses sont l'objet d'exploitations régulières.

Les grès bigarrés de St-Afrique renferment des amas et des couches très-considérables de gypse, lesquels sont exploités avec avantage. Ces exploitations ont même eu de l'influence sur la prospérité et l'amélioration de l'agriculture dans cet arrondissement, par suite des capitaux qu'elles y ont apportés.

Quant aux grès bigarrés de l'arrondissement de St-Afrique, ils paraissent reposer ou sur le terrain primitif ou sur celui de transition. Il est difficile pourtant d'en être certain, les points de contact des deux terrains ne se trouvant nullement à découvert. Du moins il est positif qu'ils sont surmontés par des marnes irisées. Ces marnes offrent contre leur couche des amas fort considérables de gypse saccharoïde, que l'on exploite maintenant avec succès, ainsi que nous l'avons déjà fait observer.

Les grès bigarrés qui se montrent en contact avec les gypses en sont plus ou moins imprégnés, quelquefois ils en sont tellement pénétrés qu'on les exploite avec quelque avantage, quoique le plâtre qui en provient soit d'une qualité très-inférieure. Les marnes irisées qui surmontent les grés bigarrés sont recouvertes par une petite couche de dolomie peu épaisse, sur laquelle repose le calcaire lias [1].

Ainsi soit à St-Afrique, soit ailleurs, l'on ne voit nulle part, dans le

[1] Les gypses qui forment des amas et des couches dans les grès bigarrés de St-Afrique, s'y montrent en lits alternatifs avec des macignos compactes, nommés improprement dans ces localités grès gypseux. Ces macignos occupent d'assez grands espaces dans l'arrondissement de St-Afrique. En effet, cette roche se montre dans les deux vallées de la Sorgues et du Dourdou, descendant depuis St-Felix de Sorgues jusqu'à l'embouchure du Dourdou dans le Tarn, vis-à-vis de Broquiez; elle n'est pas cependant accompagnée partout par ce gypse. Il paraît que ces dépôts gypseux ne se rencontrent que dans la vallée de la Sorgues, depuis St-Félix jusqu'à St-Afrique, et dans les vallées latérales qui dégorgent ou aboutissent à cette même vallée.

Une circonstance assez remarquable de ces formations gypseuses, c'est qu'elles sont assez constamment accompagnées par des dolomies compactes. Ces dolomies y forment de petites couches superposées sur la partie la plus supérieure des masses gypseuses. Les arkoses de l'Aveyron pa-

département de l'Aveyron, le *zechstein* ou le calcaire alpin au-dessous des grès bigarrés.

Quant au *muschelkalk* ou calcaire conchylien, il repose immédiatement sur ces grès, qui forment la partie inférieure du sol dans les environs de Ville-Franche; nulle part on n'y découvre des marnes bigarrées; si elles existent dans quelques-unes des nombreuses vallées de cet arrondissement, elles n'y sont jamais développées et ne peuvent dès-lors avoir aucune importance dans la constitution du sol.

Le *muschelkalk* constitue, au contraire, les principaux terrains des environs de Ville-Franche; il occupe toute la profondeur des vallées qui entourent cette ville jusqu'à un premier plateau formant une sorte de gradin qui les surmonte. Là commence à se montrer la partie supérieure du lias; quant aux couches inférieures de cette formation, elles ne paraissent pas se rencontrer dans les vallées ou les plateaux des environs de Ville-Franche. Le lias s'y termine dans la partie supérieure des plateaux par des marnes, qui paraissent se rapporter à la partie inférieure du groupe oolithique. Ce groupe semble constituer le second plateau ou le gradin supérieur qui couronne le sommet des montagnes des environs de Ville-Franche. Le calcaire conchylien prend un si grand développement dans ce département, qu'il s'élève jusqu'à la hauteur des premiers plateaux des collines secondaires. Il repose sur les grès bigarrés; la partie supérieure du lias les surmonte, sans l'intermédiaire des marnes irisées, dont on ne retrouve presque pas de traces dans les localités occupées par le calcaire conchylien. Le *muschelkalk* est accompagné par des

raissent se rattacher à la formation des grès bigarrés, quoiqu'elles soient immédiatement appliquées sur les terrains primitifs; ce qui a quelquefois lieu pour les roches de ces mêmes grès. Telle est du moins la disposition des arkoses qui, à Cassagnetes, près de Rodez, sont l'objet d'exploitations régulières et servent ensuite de pierres d'appareil. Ces arkoses granitoïdes y forment parfois de grands filons au milieu des masses granitiques que l'on découvre dans cette localité.

Quant à celles de ces arkoses qui sont appliquées sur les roches granitiques, elles s'y montrent en stratification discordante, par suite de la diversité de leur origine. Ces arkoses forment aussi en Aveyron une grande bande qui, continuellement circonscrite par les terrains primitifs, s'étend depuis le Levezou jusqu'à Rieupeyroux; cette grande bande a été particulièrement l'objet des recherches de M. le docteur Barrau, que nous aurons l'occasion de citer pour d'autres faits géologiques non moins intéressants.

dolomies soit à sa partie inférieure, soit à sa partie supérieure; seulement ces dernières sont mélangées avec des silex cornés. Les mêmes formations se rencontrent avec des circonstances à peu près analogues à Rodez et dans la Lozère, particulièrement à Marnezoli et dans les environs de Mende.

La détermination de cet ordre de terrains ne peut guère se faire au moyen des débris organiques fossiles, car ils y sont fort rares, pour ne pas dire nuls. On ne peut donc classer ce système que sur les caractères et la position des roches calcaires qui le constituent. Ces roches compactes, d'une couleur de gris-fumée dans la plupart des couches qu'il compose, deviennent blanchâtres et marneuses dans leur partie inférieure. Les bancs supérieurs de cette grande formation calcaire présentent des bancs de silex corné; quant à la partie la plus inférieure, elle est formée de masses de roches caverneuses bleuâtres et dolomitiques.

On peut aussi regarder comme caractéristique de ce terrain les eaux sulfureuses qui en découlent, particulièrement dans les environs de Ville-Franche. Ces eaux sourdent de dessous les lits d'un calcaire noirâtre d'un aspect tout particulier. Enfin, si les vallées de cette localité étaient creusées dans le lias et non pas dans le *muschelkalk*, on y trouverait des ammonites et des bélemnites. Ces coquilles fossiles se trouvent pourtant uniquement sur les plateaux qui couronnent ces mêmes collines secondaires.

Le calcaire conchylien ou *muschelkalk* est très-développé dans les environs de St-Bauzély et de Viala du Tarn; considéré d'une manière générale, par rapport à l'importance qu'il peut avoir en Aveyron, il n'y compose qu'une bande assez étroite d'au plus 4 à 5 lieues de longueur, dirigée N. N. E. entre St-Rome du Tarn et St-Bauzile. Cette zone, appuyée à l'ouest sur les flancs de Lagast, disparaît vers l'est sous le terrain du lias qui lui est superposé. A peu de distance de cette localité et dans les environs de Ste-Afrique, on voit dans les profondes coupures des terrains qui caractérisent cette contrée, le passage des grès bigarrés aux formations jurassiques, dans la position même où le *muschelkalk* devrait se trouver.

On observe entre les grès rouges de la plaine de Camarès et les calcaires du plateau du Larzac une série de couches de grès blancs, jaunes et verdâtres, de marnes aux couleurs variées, de calcaires gris et jaunâtres en lits minces et en feuillets, qui forment la séparation et le passage des grès rouges aux grès inférieurs du lias. Ce terrain offre les plus grandes analogies avec celui qui a été décrit sous le nom de formation du *muschelkalstein* par M. Voltz, dans sa *Notice géologique sur les environs de Vic* (Meurthe). Néanmoins, diverses considérations ont porté M. Boisse, qui a étudié ce terrain avec soin, à le considérer plutôt comme l'équivalent géologique des marnes irisées de la France, de l'Allemagne, dont il possède du reste tous les caractères [1]. Malheureusement ce géologue n'y a découvert aucune espèce fossile, mais seulement des dépôts gypseux abondants, qui se trouvent à la partie moyenne de ces formations. L'étude de ces terrains a fourni à M. Boisse l'occasion d'en faire l'objet d'une note qui paraîtra prochainement dans les *Annales des mines*.

Cette notice fera mieux saisir que nous ne pouvons le faire nous-même jusqu'à quel point l'opinion de M. Boisse, sur l'ensemble de ces formations peut être fondée. Aussi ne croyons-nous pouvoir mieux faire que d'y renvoyer.

Enfin d'autres observations géologiques dues à M. Millet avaient fait supposer jusqu'aux recherches récentes, que toute la partie inférieure des terrains secondaires antérieure aux grès bigarrés, devait être rapportée aux couches les plus anciennes du lias. Cependant ces couches paraissent manquer à peu près totalement dans ce département.

C. Terrains jurassiques y compris le lias. — Le lias paraît être représenté en Aveyron par le calcaire à gryphées arquées (*gryphæa arcuata*), dont les analogies sont frappantes avec les roches calcaires de la Bourgogne, qui renferment la même espèce de gryphée avec d'autres coquilles. Ces calcaires se montrent liés au *muschelkalk*, aux grès

[1] Ces terrains de l'Alsace et de l'Allemagne ont été décrits et étudiés avec soin par MM. Charbault et Levallois.

bigarrés et aux arkoses, et y composent rarement le faîte du sol. Ainsi apparaît d'un côte en Aveyron le lias à gryphées arquées, ainsi que les couches d'un calcaire jaunâtre plus ou moins caverneux, rempli assez souvent de petites coquilles, parmi lesquelles dominent les plagiostomes, les placunes, les modioles et les mactres.

Les fossiles du lias de l'Aveyron se rapportent à des fragments plus ou moins incomplets d'*Ichthyosaurus,* et à des poissons. C'est du moins dans cette formation que paraît avoir été rencontré le *Cyprinus elvensis* décrit par M. de Blainville; ce naturaliste l'a nommé ainsi à raison de ce que ce poisson fossile a été découvert à Elves, près de Ville-Franche. Le calcaire dans lequel il a été rencontré était schistoïde et très-fétide. On a également cité dans le lias de l'Aveyron des *spirifer;* on n'a pu y reconnaître que les *spirifer glaber* et *cuspidatus*, les autres espèces de ce genre étaient trop incomplètes pour être déterminables.

Le calcaire connu à Ville-Franche sous le nom de ciment romain, à raison de ses propriétés remarquables, y deviendra peut-être l'objet d'exploitations régulières. Ce calcaire appartient à la formation du lias; il se trouve principalement à Toulonjac, près de Ville-Franche. Il jouit des mêmes propriétés que le ciment désigné en Angleterre sous le nom de *parker*, et en France, sous celui de *galets de Boulogne,* et même de *ciment romain.* M. Lacordaire paraît avoir été le premier qui en ait tiré parti parmi nous; celui qu'il a exploité se trouve en Bourgogne. Quant au calcaire des environs de Toulonjac, près de Ville-Franche, et qui semble aussi précieux pour les constructions que le ciment romain de la Bourgogne, nous en devons la connaissance à M. Millet, qui s'occupe avec le plus grand zèle de tout ce qui peut être utile aux arts et aux sciences.

Le lias n'est point, du reste, borné aux environs de Ville-Franche; il compose au contraire des portions de terrains assez étendues, soit dans les environs de Rodez, soit dans ceux de Millau. Partout il y est caractérisé par les mêmes fossiles. Seulement, la partie la plus inférieure de ses couches n'a été jusqu'à présent observée que dans un

petit nombre de localités, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer.

Il en est de même des débris d'*Ichthyosaurus;* ces débris ont été jusqu'à présent uniquement rencontrés dans les environs de Ville-Franche.

Le lias de l'Aveyron semble former trois assises distinctes, lesquelles reposent ou sur les grès bigarrés ou sur les marnes irisées. Les assises les plus inférieures de cette formation offrent assez souvent des dolomites compactes grisâtres, ou d'autres roches magnésiennes, celluleuses et caverneuses. Les assises moyennes se composent au contraire de couches marneuses, dans les fissures desquelles se montrent intercalées de petites veines calcaires. Ces veines donnent une chaux maigre et hydraulique fort employée dans le pays. On y observe également de petites couches d'un calcaire chargé d'une assez grande quantité de peroxyde de fer. Les Romains paraissent avoir fait usage de ce calcaire et en avoir composé un excellent ciment. Quelquefois ces roches renferment des minerais de fer assez riches pour être exploités avec avantage. Tels sont ceux que l'on découvre à Vensac et à St-Igest, près de Ville-Franche, et qui sont ensuite portés dans les fonderies de Decazeville, où ils sont convertis en fer. Enfin la partie supérieure du lias est principalement composée de marnes calcaires, au-dessous desquelles se trouvent les couches d'un calcaire cristallin qui forme la base des terrains jurassiques de l'Aveyron.

a. Terrains calcaires secondaires. — La simplicité des formations jurassiques est le trait le plus distinctif et le plus particulier des formations de cet ordre dans le midi de la France. Souvent, dans nos contrées méridionales, ces terrains consistent presque dans une seule roche calcaire, aussi remarquable par son uniformité que par son étendue. Il n'en est pas cependant tout à fait de même en Aveyron, où, d'après ce que nous avons déjà fait observer, ces formations sont beaucoup plus complexes, étant composées non-seulement par les diverses assises du lias et des terrains jurassiques, mais encore par le groupe oolithique dont les couches ou les divers termes sont plus

ou moins nombreux. Sous ce rapport, les formations calcaires secondaires de l'Aveyron sont loin de présenter une simplicité aussi grande que celles de l'Auvergne et des contrées méridionales qui bordent la Méditerranée.

Enfin, une autre remarque que l'on peut faire et qui s'applique indifféremment à tous les calcaires secondaires du midi de la France, tient au petit nombre des débris organiques qu'ils renferment, surtout de ceux qui se rapportent à des végétaux. En effet, le plus grand nombre de ces débris se découvre, non dans les calcaires eux-mêmes, mais dans les marnes qui les accompagnent. Quant aux fossiles végétaux, ils sont généralement des plus rares, même dans les couches marneuses les plus riches en débris organiques animaux.

Il n'y a d'exception à cette loi constante que pour quelques localités particulières, comme le sont par exemple celles qui renferment les houilles des terrains calcaires. Mais pour ces localités, l'abondance des productions végétales fossiles est encore peu considérable. L'Aveyron nous en fournit lui-même une preuve frappante; elle nous est fournie par les houillères situées au pied du Larzac, dans lesquelles on n'observe guère que des cycadées.

Nous ne pourrons faire connaître les espèces fossiles des terrains jurassiques que par aperçu, n'ayant pu avoir à notre disposition que des exemplaires incomplets. La plupart appartiennent aux marnes supérieures du lias, que M. Boisse considère comme pouvant représenter les sables de l'oolithe inférieure.

ANIMAUX INVERTÉBRÉS.

Radiaires. — Cidarites-eucrinites. Pentacrinites-annélides. Serpules.

Conchyfères térébratules, un grand nombre d'espèces, au moins quarante. — Les deux *Sprifer* que nous avons déjà signalés, *glaber* et *cuspidatus;* huîtres, quatre à cinq espèces; — gryphées en bancs plus ou moins prolongés. Peignes. Plagiostomes; moules modioles; vénus cythérées; lutraires; posidonies? limes? Pinnes; cypricardes; petoncles — Bucardes; mactres; — pholadomies dianchores; arches; nucules; pernes; avicules. Mollusques troques; turbo; cirrhus; pleurotomaires;

éburnes; cérithes; strombes; ptérocères; nautilites, plusieurs espèces; bélemnites et ammonites, un grand nombre d'espèces.

Poissons orbulites. *Cyprinus elvensis.*

Reptiles. *Ichthyosaurus.*

Une des particularités les plus remarquables de ces calcaires secondaires tient à l'aspect de leurs sommets. On dirait, en les apercevant d'une certaine distance, que les montagnes qu'ils composent sont toutes couronnées par de vieux châteaux ou de vieux édifices qui tombent en ruines. Cette circonstance semble dépendre du peu de solidité des couches calcaires qui en font partie. Entamées partiellement et rompues par portions plus ou moins considérables, elles ressemblent assez bien à de vieilles tourelles démantelées, ou à des pans de murailles en grande partie détruits. En voyant la rapidité avec laquelle les couches calcaires s'écroulent, et combien il en reste encore qui n'ont pas été attaquées, il est difficile de ne point supposer que la cause qui les a rompues ne doit pas exercer son action depuis des temps très-longs, puisque ses effets sont encore si restreints et si bornés.

Les formations calcaires ont généralement en Aveyron une grande étendue; on conçoit aisément, d'après ce que nous avons déjà dit, que ces calcaires se bornent à peu près uniquement aux formations secondaires; car les calcaires tertiaires n'y existent proprement pas, à l'exception de quelques lambeaux de calcaire d'eau douce, qui ne prennent quelque développement qu'auprès de Varens, où leurs roches se montrent accompagnées de gypse. Les autres ne sont en quelque sorte que l'extrémité des grandes formations de ce genre, si étendues et si développées dans le Cantal. Quant aux calcaires des formations quaternaires, ces roches n'ont nulle part une grande extension; et il en est surtout ainsi de celles qui se rencontrent dans ce département.

Les calcaires secondaires se montrent donc seuls en grandes masses en Aveyron; il s'agit de déterminer à quel ordre de formation ils se rapportent, et s'il y en a qui appartiennent à plusieurs ordres de terrains.

D'abord, l'ancienneté de ces roches calcaires peut être facilement déterminée par la connaissance de leur position : ainsi, dans les lieux où elles se trouvent en contact avec les grès bigarrés, elles leur sont constamment superposées. Ainsi supérieurs, les calcaires les plus anciens de l'Aveyron sont d'une date plus récente que les grès bigarrés, puisqu'ils les surmontent généralement. S'il fallait citer des exemples de cette superposition immédiate, nous pourrions mentionner plusieurs localités des environs de Rodez et de Ville-Franche, principalement la montagne que la nouvelle route de Ville-Franche à Alby traverse, montagne nommée dans le pays la *côte de Sauvenza.* La plupart des montagnes au nord de Rodez offrent encore d'une manière manifeste ce mode de superposition. Leur base est assez généralement composée par des psammites ou grès bigarrés, dont la couleur dominante est le rougeâtre; leur sommet est couronné par des couches calcaires plus ou moins inclinées ou redressées et assez ordinairement parallèles.

Le calcaire secondaire alterne, dans les environs de Ville-Franche et dans les parties les plus supérieures des montagnes qui entourent cette ville, avec des marnes de couleurs variées, qui semblent se rapporter aux marnes irisées. Sous ce point de vue, le petit nombre de couches calcaires que l'on voit ainsi intercalées ou alterner avec les marnes irisées, pourraient être considérées comme des représentants du calcaire conchylien ou *muschelkalk* et du *keuper.* Mais lorsqu'on considère que ces alternances n'ont peut-être pas plus de dix à quinze mètres d'épaisseur, les marnes irisées, sur lesquelles sont adossées les masses calcaires, paraissent pour lors être simplement intercalées entre leurs couches d'une manière tout à fait accidentelle. Aussi ces intercalations et ces alternances sont-elles bornées à des espaces de peu d'étendue. Cette manière d'envisager les faits n'est pas cependant fondée, car les couches calcaires placées entre les grès bigarrés, ou qui leur sont immédiatement superposées, sont plutôt les représentants du calcaire conchylien ou *muschelkalk.*

Cette formation est la plus ancienne des formations calcaires secon-

daires; elle y acquiert une assez grande étendue. Les couches calcaires essentiellement dominantes en Aveyron paraissent appartenir aux couches les plus inférieures des terrains jurassiques, et, par conséquent, aux lias. Du moins les calcaires les plus inférieurs, ceux qui se montrent immédiatement superposés aux grès bigarrés, semblent se rapporter au lias, soit par leur compacité, soit par la rareté des corps organisés que l'on y observe, soit par la nature et l'espèce de ces fossiles, soit enfin par leur rapprochement et leur contact presque immédiat avec les plus anciennes formations sédimentaires ou même primitives.

Les calcaires les plus anciens de l'Aveyron sont d'abord le calcaire conchylien ou *muschelkalk*, dont l'existence y a été si longtemps méconnue. Ce calcaire se montre en superposition immédiate sur les grès bigarrés; quant au système des calcaires jurassiques, il se compose de trois principaux étages ou de trois séries de couches distinctes; on pourrait peut-être en compter jusqu'à quatre.

La plus récente de ces assises ou la plus supérieure, est formée par des couches très-minces, très-riches en débris organiques, principalement en coquilles fossiles. La plus ancienne de ces assises ou la plus inférieure, comprend des couches d'un calcaire marneux parfois peu puissantes. Ces assises contiennent un petit nombre de corps organisés, parmi lesquels on remarque des spirifères, quelques térébratules et des nucules. Elles reposent immédiatement sur le calcaire conchylien, qui à son tour surmonte les grès bigarrés. Cet ordre de superposition, manifeste dans les environs de Rodez, est une preuve que ces assises appartiennent au système le plus inférieur du lias de l'Aveyron.

Les assises moyennes, composées de couches d'un calcaire carié le plus souvent jaunâtre, sont essentiellement caverneuses. Du moins est-ce dans leurs masses qu'on voit les cavités les plus considérables et les plus spacieuses; c'est aussi dans leurs assises moyennes que se trouvent la plupart de ces gouffres ou puits verticaux de la plus grande profondeur, connus assez généralement en Aveyron sous le nom de

Tindous. Plus tard nous en citerons un des plus remarquables, connu en Aveyron sous le nom de *Tindous de la Vayssière.* Ces assises sont également peu chargées de débris organiques. On distingue d'une manière assez nette deux ordres ou deux systèmes différents dans les couches moyennes de ces assises ; les plus supérieures sont caractérisées par leur aspect généralement carié, le nombre des cavernes ou grottes qui se trouvent creusées dans leurs masses, et la moindre quantité de débris organiques que l'on y observe.

Les assises les plus récentes ou les plus supérieures, sont les plus compactes. Le calcaire qui les compose offre une cassure droite et unie ; si cette roche se présentait en masses plus uniformes et moins variées en couleurs, elle pourrait être employée comme pierre à bâtir.

Les débris organiques y sont également beaucoup plus abondants que dans les assises inférieures. Ceux que l'on y rencontre appartiennent principalement aux bivalves, tels que les peignes, les plagiostomes, les térébratules, les mactres, les huîtres, surtout *l'Ostrea gryphoïdes*, les gryphées, les pernes et les avicules. Aussi, comme nous sommes certains de la présence de ce genre parmi les formations jurassiques de l'Aveyron, il serait possible que les coquilles considérées comme des pernes, ne fussent que des avicules qui auraient perdu leurs ailes. Cependant cette circonstance paraissant peu probable d'après leur forme générale, nous croyons pouvoir mentionner les pernes parmi les mollusques qui caractérisent ces formations.

Les terrains jurassiques de ce département offrent encore des pinnes, des trigonies, des moules, des modioles, des arches, des vénus, des cythérées, des pholadomies, des lutraires, des cypricardes, des limes, des nucules et des dianchores.

Les univalves et multiloculaires y sont moins nombreux en genres différents ; ainsi nous n'y avons encore reconnu que cinq genres particuliers, les pleurotomaires, les cirrus, les cérites, les toupies, les turbots, et un genre voisin de ceux-ci qui semble assez rapproché des cyclostomes.

Enfin, trois genres de coquilles multiloculaires y ont été également

observés ; ces genres se rapportent aux nautiles, aux orbulites et aux ammonites. Les espèces de ces derniers genres se montrent assez souvent pyritisées, ce qui arrive peu aux autres genres. Cette circonstance tiendrait-elle à la structure de ces corps organisés ? c'est là une question sur laquelle nous appellerons plus tard l'attention des naturalistes.

Enfin, les mêmes formations jurassiques dont nous nous occupons, et probablement le lias, ont présenté à Elves, dans les environs de Ville-Franche, un poisson que M. Blainville a décrit sous le nom de *Cyprinus Elvensis.* C'est une empreinte d'un poisson qui a la forme d'une grosse carpe fort courte. Elle a beaucoup de rapports avec le *Monopterus gigas* de Volta (*Icht. Veron.*). Toute la surface du corps de cette espèce est couverte de très-grosses écailles rhomboïdales, disposées à peu près comme dans la carpe ; sa longueur est de $0^{m}471$, et sa hauteur de $0^{m}170$.

M. Jules Bonhomme, de Millau, a également découvert plusieurs empreintes de poissons sur une marne calcaire des environs de cette ville, qui appartenait aux mêmes formations secondaires. On y a observé enfin des encrinites ou astéries, ainsi que des pentacrinites, corps organisés de la division des polypes flottants, que l'on trouve fort rarement à l'état vivant dans les mers de la Martinique ; ces pierres étoilées, si abondammant répandues dans les terrains jurassiques, ne sont en effet que les articulations pierreuses de l'axe de la tige des encrines, tige cylindrique ou polyèdre, ramifiée ou ombellée à son sommet. Guettard est, à ce qu'il paraît, le premier naturaliste qui ait fait ce rapprochement et qui ait comparé les encrinites aux encrines vivants. Ses observations se trouvent consignées dans les *Mémoires de l'académie des sciences de Paris*, pour l'année 1755.

Les formations jurassiques ou liasiques des environs de Ville-Franche renferment des couches très-puissantes d'un calcaire ferrugineux qui, dans certaines localités, telles que celles de Vensac et de St-Igest, sont tellement chargées de peroxyde de fer qu'on les exploite avec avantage. Ces minerais de fer (fer oligiste) sont portés aux usines de Decazeville, où ils sont ensuite fondus. Le métal que

produisent ces minerais est de la meilleure qualité; les couches offrent parfois des amas ou de gros noyaux de peroxyde pur. La richesse de ces mines tient à leur abondance et surtout à leur excellente qualité.

Quant à l'époque du soulèvement de ces formations jurassiques, elle paraît se rapporter à celle qui a produit le relief des Cévennes et les plateaux du Larzac. Du moins M. Élie de Beaumont a présumé que le redressement des couches qui composent les montagnes de la côte d'Or en Bourgogne, du mont Pilas en Forez, ainsi que celles des Cévennes et du Larzac, dans le midi de la France, se rapportait à une même époque de soulèvement. Cet exhaussement aurait eu lieu entre la formation du terrain crétacé et celle du terrain jurassique.

Le redressement qui a produit les Cévennes, le plateau du Larzac et la plupart des montagnes de l'Aveyron, a donc eu lieu de manière à déplacer les formations jurassiques et celles qui leur sont inférieures; car il n'a pas pu agir sur les terrains qui les recouvrent ordinairement ceux-ci n'ayant pas encore été déposés.

Les fers oolithiques des environs de Ville-Franche doivent, suivant les uns, être rapportés au groupe oolithique, et, selon les autres, au lias; s'il fallait se décider entre ces deux opinions, il semble que l'on devrait plutôt adopter la première que la seconde. En effet, les fers secondaires des environs de Ville-Franche offrent généralement la disposition particulière au groupe oolithique; en second lieu, l'on sait que les minerais de fer abondent plutôt dans ce groupe que dans la formation du lias.

D'ailleurs, les débris organiques qui accompagnent ces minerais caractérisent plutôt l'oolithe ferrugineuse que le lias proprement dit. Dès lors les fers oolithiques des environs de Ville-Franche, dont la position géologique n'est pas bien déterminée, doivent plutôt être rapportés au groupe oolithique qu'au lias. Quoi qu'il en soit, ces fers à poussière rouge se rapportent aux fers oligistes. On a prétendu qu'ils étaient parfois accompagnés par des gryphées entre lesquelles ils auraient été déposés; mais nous ne pouvons dire s'il en est réellement ainsi.

Nous avons vu que les formations jurassiques, et même certaines assises du lias, étaient assez abondamment répandues en Aveyron; il en est de même du terrain secondaire supérieur ou jurassique proprement dit. La partie inférieure de ce groupe paraît y manquer totalement; l'on n'y reconnaît du moins que l'oolithe supérieur et l'oolithe moyen. Celui-ci se montre du côté de la Capelle-Balayer, sur la route de Ville-Franche à Cajare. C'est sur cet oolithe moyen que l'on voit répandus, dans plusieurs localités, des lambeaux de terrain tertiaire. Ce terrain, uniquement formé de couches d'eau douce soit calcaires, soit marneuses, offre parfois du fer en grains et des sables de rivière très-distincts. Les formations calcaires tertiaires sont assez développées auprès d'Asprières, de Montmazet, de St-Santin, du mur de Barrès, de St-Igest et de Varens.

Dans cette dernière localité, les calcaires sont accompagnés par des amas gypseux assez considérables. Le gypse est parfois laminaire; malheureusement il est le plus souvent mêlé d'argile verte et rougeâtre avec une telle abondance, que l'on ne peut pas l'utiliser pour les décorations. On se borne donc à s'en servir comme amendement en agriculture.

Ainsi, outre le lias et les divers calcaires jurassiques qui composent la masse principale des montagnes de l'Aveyron, il en existe d'une formation plus récente, qui semblent se rattacher aux terrains oolithiques. La partie de cette formation, en contact avec les assises supérieures du lias ou de ses dépendances, se compose d'un calcaire lamellaire brun, rougeâtre ou jaunâtre très-cristallin. Ce calcaire ne se montre nulle part en stratification bien sensible; on le dirait comme formé par une sorte de cristallisation en masse; cependant, malgré cette structure en grand, il est fréquemment pénétré de cavités plus ou moins considérables.

Cette roche, dont la structure est lamellaire, se montre recouverte immédiatement par de nombreuses couches d'un calcaire compacte très-fin. Quelquefois le calcaire compacte supérieur devient schisteux, fissile et séparé en couches distinctes. Cette disposition, qui tient à sa

structure en grand, ne l'empêche pourtant pas de conserver sa compacité. Tel est par exemple le calcaire qui recouvre tout le terrain des environs de Mauriac, ainsi que le grand plateau de la Capelle-Balayer, St-Clair de Margues et Estrabols, etc. Les dépôts diluviens de Villeneuve et de Camboulan reposent sur ces formations oolithiques, ainsi que ceux des environs de St-Rome de Cernon.

A une demi-lieue du côté du Nord, en sortant de Ville-Franche, on trouve, en montant la côte de Fairon ou Fairou, un premier exemple de la formation oolithique. On y distingue très-bien le calcaire lamellaire brun rougeâtre ou jaunâtre cristallin, ainsi que les couches oolitiques et compactes qui lui sont supérieures. Ces formations oolithiques y sont généralement recouvertes par les dépôts diluviens.

En avançant plus au Nord, on trouve cette même formation soit à St-Remi, soit dans la vallée d'Algouse, soit à Mauriac, soit à Villeneuve. Elle s'étend beaucoup au delà de cette dernière ville, sur la route de Figeac. La même formation oolithique se présente avec les mêmes caractères en sortant de Ville-Franche du côté de l'Ouest; elle se prolonge ensuite au-dessus de Toulonjac, près des villages des Coussi et des Cambons. Elle y forme un plateau considérable, qui domine d'un côté Sennac et de l'autre côté Toulongergues, et qui s'étend enfin jusque dans les environs de Ste-Croix et de Mairignagnes; sur le plateau, les formations oolithiques de Toulonjac se réunissent à celles de St-Remi, de Mauriac et de Villeneuve. Les dépôts diluviens sont assez puissants, et généralement étendus sur tout le plateau.

Les mêmes formations oolithiques reparaissent encore à Ste-Croix, après avoir éprouvé une petite interruption dans la vallée de St-Bel. Elles occupent les parties les plus élevées de la commune de Ste-Croix, ainsi que le sol supérieur des communes de la Capelle-Balayer, de St-Clair de Margues et Estrabols, du causse de Saujac et du causse de Camboulas. Dans toutes ces communes, il en est comme à Mauriac, c'est-à-dire, que le calcaire compacte supérieur, très-fissile, y devient presque schisteux.

Les mêmes formations se montrent également à l'Ouest de Ville-

Franche, à la faible distance d'une lieue, soit à Savignac, soit dans les environs du village de Lagarrigue. Elles s'étendent ensuite jusqu'au village de Puech, dans la commune d'Elbes. On retrouve la même formation entre l'abbaye du Losdieu et le village du Travers, dans la commune de St-Grat; elle existe de même dans la commune de Vaillourches, un peu au delà du village de ce nom, jusqu'à la grande route qui conduit de Ville-Franche à Montauban.

On a recueilli dans cette formation un assez grand nombre de corps organisés, principalement des peignes, des térébratules, des plagiostomes, des modioles, des unio; outre ces bivalves, on y observe encore des moules, des mélanies et des patelles inédites. Les ammonites y sont des plus rares, l'on y voit également de petits oursins, ainsi que quelques branches informes de madrépores et des sections d'encrinites.

Les montagnes calcaires de l'Aveyron, surtout celles que l'on observe dans les environs de Ville-Franche et de Rodez, offrent peu de grands escarpements. Leurs lignes sont adoucies, et leurs flancs comme leurs sommets, se montrent assez constamment arrondis. Elles composent presque toujours de vastes plateaux qui ne se terminent par de grands escarpements que vers le Larzac ainsi qu'à Bozouls, et dans certains points de la route qui de Bozouls conduit à Espalion.

Le plateau du Larzac, le plus vaste de tous ceux de l'Aveyron, offre de grands escarpements verticaux, qui annoncent la violence de l'action qui les a soulevés. Ce plateau calcaire n'a pas moins de huit à neuf lieues d'étendue du Sud au Nord, sur quatre ou cinq de largeur de l'Est à l'Ouest. Vers son extrémité méridionale comme à son extrémité septentrionale, il se termine brusquement par un escarpement vertical, sur les flancs duquel on a creusé à grands frais une route qui, par une descente rapide, conduit vers le Sud, dans la vallée de l'Ergue où Lodève est bâtie, et vers le Nord dans celle du Tarn, où se trouve Millau. Cette dernière ville, qui s'élève au pied de la grande pente septentrionale, paraît bâtie comme à plaisir au fond du vaste précipice que l'on va cependant franchir sans danger. Sa position est en effet aussi singulière que pittoresque : située au pied d'un escar-

pement vertical d'environ six cents mètres de hauteur, ses maisons éclatantes de blancheur, brillent au milieu de la vallée fertilisée par les eaux du Tarn et de la Dourbie, et frappent le voyageur étonné de leur singulière position.

Les calcaires qui composent le plateau du Larzac, et dans lesquels les caves de Roquefort sont bâties, paraissent se rapporter aux assises les plus supérieures du lias, ou plutôt à la partie la plus inférieure des terrains pélasgiques infra-jurassiques de M. Brongniart. (*Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe*, page 229.) Ce calcaire, ainsi que l'oolithe ferrugineux qui l'accompagne le plus souvent, a été réuni au lias par un grand nombre de géologues, à la tête desquels nous citerons MM. de Humboldt et Boué. Cependant, d'après sa position constamment supérieure au lias et les débris organiques qu'il renferme, le calcaire qui compose le plateau du Larzac paraît plus jeune et d'une date plus récente que le lias.

Ainsi les *Spirifer glaber* et *cuspidatus*, assez abondants dans les assises moyennes et inférieures du lias, dans les environs de Rodez et même de Millau, ne se trouvent plus dans le calcaire compacte infra-jurassique, ce dernier ne repose guère immédiatement que sur le lias: on ne le voit jamais, du moins en Aveyron, recouvrir sans intermédiaire le grès bigarré, ce qui a lieu au contraire très-souvent pour le lias.

Quant aux dépôts charbonneux qui se montrent dans les calcaires gris à bélemnites, presque à l'extrémité Nord-Ouest du plateau du Larzac, ils appartiennent aux stipites ou houilles sèches et sont principalement accompagnés d'un assez grand nombre de végétaux. Ces plantes fossiles, qui se rapportent aux phanérogames gymnospermes, semblent dépendre de la famille des cycadées. Du reste les houilles exploitées dans les environs de Millau et dans la chaîne du Larzac, appartiennent au même ordre de formation.

Avant de terminer ce que nous avons à dire du lias ou de ses dépendances, nous devons rappeler que M. Alphonse Boisse y a découvert la wavelite. Ce naturaliste a en effet trouvé ce phosphate d'alumine dans les marnes supérieures au lias, immédiatement au-dessous du calcaire

jaune, fétide et coquillier qui divise la formation marneuse en deux parties à peu près égales et symétriques. Cette substance s'y présente en petites houppes soyeuses, divergentes, tapissant les parois d'un grand nombre de fissures, qui croisent dans tous les sens les couches des marnes argileuses bleuâtres, micacées. Ce gisement a été reconnu par l'observateur que nous avons déjà cité, auprès de Soulias, dans les environs de Rodez, dans les terrains secondaires de l'Aveyron.

Nous ferons enfin observer que le poisson décrit par M. de Blainville, sous le nom de *Cyprinus elvensis*, et qui a été découvert dans le lias des environs d'Elve, a été retrouvé en Angleterre dans la même formation. Ce cyprin a été récemment compris par M. Agassiz dans son genre *Lepidotus*, et il l'a indiqué sous le nom de *Lepidotus gigas*. D'après ce géologue, la forme de cette espèce serait analogue à celle de la carpe ; son dos et son ventre seraient bombés, et ses écailles, aussi larges que hautes, auraient leurs bords entièrement lisses. Le genre auquel appartient cette espèce est, du reste, assez abondant dans la même formation où l'on a rencontré le *Lepidotus gigas*.

b. Des caves de Roquefort. — Les fameuses caves de Roquefort, source de la prospérité d'un des cantons de l'Aveyron, sont situées sur le revers Ouest du plateau du Larzac. Les fromages que l'on y prépare, ont acquis depuis longtemps une grande célébrité ; cette célébrité remonte même à une assez haute antiquité, car Pline le naturaliste, qui écrivait vers le milieu du premier siècle de notre ère, en parle, et nous fait de leur bonté le plus pompeux éloge [1]. Aussi donnent-ils lieu à un commerce aussi étendu que lucratif. On évalue à plus d'un million, la

[1] Le passage de Pline est ainsi conçu : *Laus caseo Romæ, ubi omnium gentium bona cominus judicantur e provincia Nemausensi præcipuè Lesuræ Gæbalicique pagi.* Ce passage a été traduit par Poinsinet de Sivry de la manière suivante. « A Rome, ce rendez-vous des productions de tous les pays du monde, où par conséquent on peut les comparer d'après leur qualité, on estime principalement entre les fromages qui viennent des provinces romaines, et particulièrement de celle de Nismes, tant celui du mont de la Lozère ou Gévaudan que des pays voisins. » (*Hist. naturelle de Pline*, t. IV, chap. XLII, page 438. Paris 1772.)

Chaptal observe à cet égard que comme les fromages de Roquefort sont depuis longtemps plus recherchés que ceux de la Lozère, il est probable que le naturaliste de Rome a dû confondre les

somme que leur vente laisse annuellement dans le pays où ils se préparent.

Ce n'est point sur la fabrication des fromages que nous appellerons l'attention des physiciens, nous la fixerons seulement sur les particularités que présentent les caves où on les prépare. Pour bien faire saisir les phénomènes qui s'y passent, on nous permettra d'entrer dans quelques détails nécessaires à leur explication.

Dans la partie Sud-Est du département de l'Aveyron, entre les vallées de l'Ergue et du Tarn, s'étend, sur une longueur de 8 à 9 lieues et une largeur de 4 à 5, le causse de Larzac, le plus vaste et peut-être le plus élevé des plateaux calcaires secondaires de l'Aveyron. Sur le revers Nord-Ouest de ce plateau sont situées les caves ou grottes dans lesquelles on prépare les fromages de Roquefort. On pique singulièrement la curiosité de l'observateur qui les visite, en lui apprenant que le même lait de brebis et de chèvre qui donne ces fromages si prisés par les gourmets, transporté ailleurs, n'en donne plus de pareils. Il y a plus encore, d'après les habitants, ce serait dans une seule rue du village que l'on préparerait ces excellents fromages, qui parmi tous leurs avantages ont celui de se conserver longtemps : les caves où ils sont fabriqués arrêtant, par suite de la basse température qui y règne à peu près constamment, les effets de la putréfaction.

Ces faits paraissent si extraordinaires, que l'on est porté à les croire exagérés ; ce n'est aussi qu'après s'être assuré de leur exactitude, qu'on cherche d'abord à les concevoir, et enfin à les expliquer. Notre premier examen se dirigera donc sur la position du village de Roquefort, et particulièrement sur celle de la rue des caves.

premiers avec les seconds. Mais pour faire admettre que Pline a confondu les fromages de Roquefort avec ceux de la Lozère, il n'est nullement nécessaire de supposer qu'il y a eu erreur de la part du naturaliste romain, puisque tout en parlant des derniers, il paraît avoir entendu également désigner les fromages estimés des lieux voisins du Gévaudan.

Ceci est d'autant plus probable, que les fromages jetés pendant les premiers siècles de l'ère chrétienne, dans le lac du mont Helanus par les paysans du Gévaudan, alors idolâtres, étaient de Roquefort, ainsi que le présume Marc-Aurèle. Cette cérémonie, qui avait lieu dans les premiers siècles de notre ère, ne fut abolie par saint Hilaire, évêque de Maude, que vers l'an 550.

Ce village, situé vers la partie supérieure d'une montagne calcaire, élevée d'environ 550 mètres au-dessus de la vallée dans laquelle coule le Cernon, n'est distant de son sommet que d'environ 150 mètres. La direction la plus générale de cette montagne se trouve de l'Est à l'Ouest, tandis que celle de deux petits rameaux parallèles qui s'en détachent, et forment en quelque sorte les barrières naturelles des caves de la fameuse rue, est du Sud au Nord. Enfin, vers l'extrémité méridionale de cette rue, au-dessus de son niveau, s'élève un immense rocher isolé, d'une hauteur d'environ 100 mètres, lequel sépare et partage à l'Ouest les premières caves, dites Delmas, réputées dans le pays pour être celles qui donnent les meilleurs fromages.

C'est entre ces deux rameaux parallèles qu'ont été construites les caves de Roquefort. Du moins, celles de cette rue privilégiée, qui donne les fromages les plus estimés, s'y trouvent. Cette position rend cette rue exposée à des courants d'air presque continuels, courants qui y apportent de l'air froid qui vous pénètre et vous glace même en été.

Mais à quoi tiennent de pareils effets? En cherchant la solution de ce singulier problème, il nous a paru qu'il dépendait d'une infinité de circonstances, parmi lesquelles on doit comprendre le courant d'air continuel qui, de la partie supérieure de la montagne, s'engouffre entre les deux rameaux parallèles qui bordent, à l'Est et à l'Ouest, la rue des caves. La température de ce courant est constamment au-dessous de celle des couches d'air inférieures. En effet, l'air qui en dérive a un mouvement d'autant plus accéléré, que le vent vient du Sud. Sa température est généralement assez basse, puisqu'il dérive du plateau élevé du Larzac, dont la température est constamment inférieure à celle de l'air qui repose sur le village de Roquefort [1].

[1] On pourrait cependant remarquer que si l'air du Larzac est constamment plus froid que les couches d'air inférieures qui reposent sur le village de Roquefort, il est aussi plus raréfié, et que dès-lors il doit plutôt tendre à s'élever qu'à descendre. Sans doute il en serait ainsi, si sa densité n'était pas plus grande par l'abaissement de sa température, qu'elle ne le devient par sa raréfaction, suite de l'élévation de la montagne sur laquelle il repose. Aussi un courant d'air froid venant du Larzac, se précipite presque constamment vers le village de Roquefort, surtout dans la fameuse rue, par suite des circonstances que nous avons indiquées.

Par l'effet de sa plus grande densité, l'air apporté par le courant supérieur, tend à se précipiter vers les couches inférieures, raréfiées et échauffées par le rayonnement du sol. Ces effets sont aussi à peu près constants, et ils ont lieu d'une manière d'autant plus marquée, que la différence entre la température des couches d'air est plus considérable, comme cela arrive particulièrement en été. Cette cause n'est pas sans doute sans quelque influence sur toutes celles qui contribuent à maintenir constamment basse, la température des caves de la fameuse rue.

Mais cette cause, toute puissante qu'elle soit, paraît cependant bien faible pour produire la basse température qui règne dans les caves à fromages. Il faut donc en chercher une autre, pour rendre raison de ce phénomène. En examinant avec attention l'intérieur des caves de la fameuse rue, on remarque que les roches contre lesquelles elles sont placées, offrent de nombreuses fissures ou fentes, desquelles s'échappent des courants d'air froid, courants assez forts pour éteindre d'une manière instantanée, une lumière placée vers leur ouverture.

Les fissures d'où sortent ces courants d'air continuels, semblent succéder à des cavités souterraines plus ou moins considérables, qui communiquent au dehors et avec l'air extérieur par d'autres crevasses. Quant aux fentes desquelles s'échappent les vents froids, elles sont situées à la base de la montagne de Roquefort, et du côté opposé à l'ouverture extérieure de ces crevasses. La température intérieure de ces cavités paraît à peu près constante ; elle est toujours au-dessous de la moyenne du pays. Ce serait donc dans ces cavités que résiderait la cause principale des courants d'air froid qui se produisent dans les caves de Roquefort, et qui leur donnent une si haute importance commerciale.

Ce qu'il y a de certain, c'est qu'un thermomètre abandonné dans ces caves et qui s'est mis en équilibre avec leur température intérieure, baisse constamment lorsqu'on l'expose à l'ouverture d'un soupirail ou d'une des fissures si nombreuses dans les bonnes caves de Roquefort.

On en observe presque de pareilles dans les autres souterrains de la même localité. Ainsi, en été, l'air intérieur étant plus froid, et par conséquent plus pesant que l'air extérieur, doit s'écouler par les ouvertures ou les fentes des rochers, de la même manière qu'un liquide qui s'échappe d'un vase.

Il en résulte un courant d'air froid, sortant par le bas, et un courant d'air chaud, qui entre par le haut. En hiver, le courant a toujours lieu, mais dans un sens tout à fait différent; l'air intérieur étant spécifiquement plus léger que le reste de l'atmosphère, s'élève, et alors le sens des courants est complétement interverti. On conçoit facilement pourquoi, dans l'un et dans l'autre cas, la vitesse de l'air est d'autant plus grande que la différence des densités, au dehors et au dedans, est elle-même plus considérable.

Il n'est pas moins facile de se rendre compte comment les cavités souterraines s'échauffent peu, et pourquoi elles se maintiennent vers 3, 4 ou 5 degrés au-dessus de zéro, enfin comment elles ont quelquefois leur température inférieure à la glace fondante. Elle y est maintenue par l'évaporation qui y a lieu; cette évaporation suffit pour rendre la température constamment basse, puisque l'air qui pénètre dans les cavités est sec, et que d'ailleurs il s'y renouvelle d'une manière continue. Cependant on peut présumer que leur température intérieure s'élève peu à peu en été, mais avec une lenteur telle, que son *maximum* n'a lieu qu'en automne, circonstance qui favorise la rentrée de l'air dès les premiers froids.

On peut encore admettre qu'il existe probablement dans les grandes cavités intérieures avec lesquelles communiquent les fissures, et d'où sortent les vents froids, des neiges ou des glaces perpétuelles.

En passant sur ces masses de neige ou de glace, l'air qui s'introduit par les crevasses et vient sortir par les fissures, ne peut que baisser considérablement dans sa température. Dès-lors il n'est pas étonnant qu'il apporte constamment un courant d'air froid dans l'intérieur des caves. On doit d'autant plus le supposer, qu'une source qui sort du même rocher au pied duquel sont adossées les caves, a une tempéra-

ture constamment inférieure à la moyenne du village de Roquefort.

Nous avons trouvé la température de cette source égale à + 6° R. (+ 7°, 50 cent.) le jour où nous avons visité les caves; elle était pour lors supérieure d'un degré aux caves les plus froides, et de 2 degrés au-dessous de celle de l'air extérieur [1]. Cette observation est d'autant plus remarquable, qu'il en est bien différemment des autres sources, situées auprès du village, et dont la température est à peu près égale à la moyenne de cette localité. A la vérité on pourrait faire observer, contrairement à cette hypothèse, que si les courants d'air apportés dans les caves de Roquefort passent sur les masses de glace ou de neige qu'ils tendent à liquéfier et à vaporiser, les caves qui les reçoivent devraient être non-seulement froides, mais humides. Or, il est de fait que ces cavités sont plutôt sèches qu'humides. En effet, le sel que l'on met sur les fromages, reste longtemps à se fondre, par suite de la sécheresse de l'air dans lequel ces fromages sont plongés.

On ne peut résoudre cette difficulté, qu'en se rappelant avec quelle lenteur un courant d'air froid, qui passe sur de grandes masses d'eau liquide, s'en charge, et que ce n'est qu'au bout d'un temps extrêmement long, qu'il s'en sature d'une manière complète.

Une expérience bien simple, que nous n'avons pas eu le temps de faire, serait peut-être propre à confirmer ou à détruire cette supposition. On pourrait apprécier avec de bons hygromètres l'état de l'air qui sort des fissures, et qui pénètre dans les caves, et le comparer avec l'humidité habituelle de l'air du Larzac. Cette comparaison permettrait de reconnaître la différence qui existe entre les deux masses d'air, sous le rapport de leur humidité; tandis qu'à l'aide du thermomètre et du baromètre, on pourrait en évaluer en même temps la température et la densité.

Du reste, une évaporation abondante semble suffisante pour concevoir comment les cavités souterraines, d'où s'échappent les courants

[1] La basse température de cette source est d'autant plus remarquable, que son issue est assez éloignée du rocher au pied duquel sont situées les caves de Roquefort. Ainsi, dans son trajet, la température de cette source ne peut que s'élever; par conséquent elle ne conserve pas longtemps celle qu'elle avait à sa sortie de terre.

d'air qui se répandent dans les caves de Roquefort, restent constamment froides pendant toute la belle saison. On comprend ainsi facilement comment, en hiver, le courant ascensionnel y est à peu près nul, ou du moins très-faible, et pourquoi, par suite de cette circonstance, l'équilibre de température s'y trouve à peu près rétabli. Les faits que l'on observe dans les caves de Roquefort, se passent également dans une infinité d'autres lieux. Ainsi, dans la grotte de Gerolstein, sur les bords du Rhin, le vent qui en sort en été est très-humide, et tellement froid, qu'il tapisse d'une couche de glace fort épaisse les roches exposées à son souffle; mais comme en hiver un pareil courant n'a pas lieu, la glace cesse de se déposer [1].

De pareils courants d'air alternatifs sont du reste fréquents dans les exploitations des mines. Ainsi, toutes les fois qu'une galerie a jour par deux ouvertures, pratiquées à des niveaux différents, il s'y établit un courant d'air, ascendant en hiver et descendant en été; à une certaine époque intermédiaire, il n'y a aucun mouvement. L'explication de ces faits, fort communs dans les galeries des mines, est du reste absolument la même que celle des vents froids souterrains, et particulièrement des courants que l'on observe dans les caves de Roquefort.

Sir J. Herschel, dans ses observations sur les steppes salés, situés au Sud d'Orembourg, et sur une caverne remarquable par la congélation qui s'y opère en été, est arrivé, d'après des vues théoriques, à une conclusion tout à fait d'accord avec les observations précédentes.

D'après lui, la glace d'un glacier ou de tout autre amas d'eau solide, qui se trouve à une certaine profondeur au-dessous de la surface, offre une température fort inférieure au point de la congélation, quoique dans des lieux où la température moyenne annuelle soit au-dessous de ce point. En effet, les ondulations du froid, au-dessous de 0°, pour

[1] De pareilles circonstances ne paraissent pas se rencontrer dans les caves de Roquefort; du moins les courants d'air qui y apportent de l'air froid, n'y entraînent pas en même temps de l'air humide qui serait infiniment désavantageux à la conservation des fromages qu'on y prépare. C'est aussi une des principales difficultés qu'ont éprouvées ceux qui ont tenté d'établir des caves analogues à celles de Roquefort, difficultés que l'on pourrait peut-être surmonter en suivant le procédé que nous indiquerons plus tard.

continuer à se servir de cette expression métaphorique, peuvent se propager au-dessous de la surface dans l'intérieur de la glace, tandis que les ondulations de la chaleur supérieure à 0°, ne peuvent pas naturellement s'y propager.

Ainsi, le froid de l'hiver et celui que produit la radiation des nuits sereines, abaissent la température intérieure de la masse; tandis que l'effet de la chaleur du soleil d'été se borne à fondre la surface, qui est emportée avec l'eau que cette chaleur a produite.

Le refroidissement intérieur explique très-bien comment l'on rencontre en été des cavernes glacées au-dessous des neiges perpétuelles; par exemple sur le pic de Ténériffe et sur quelques points élevés du Jura. Il importe peu que la masse solide soit de glace ou de rocher. Il suffit, pour qu'un pareil effet ait lieu, que la partie supérieure des cavernes soit pendant toute l'année ou sa plus grande partie couverte de glace, de manière à amener la température moyenne annuelle de l'intérieur au-dessous de celle qui dépend de son élévation, et qu'elle atteindrait sans cette circonstance.

La température d'une montagne ainsi maintenue au-dessous de celle qui lui appartiendrait, descend graduellement dans son intérieur fort au-dessous de la limite des neiges perpétuelles. Si quelque caverne ou autre ouverture naturelle donne accès vers les couches ainsi refroidies, on doit les trouver au-dessous de 0°, et la glace doit continuellement s'y former.

Sans admettre la couche neigeuse de la montagne, les changements de température qui ont lieu à sa surface doivent, de la même manière, produire dans son intérieur des ondulations alternatives de chaleur et de froid; si ces changements sont régulièrement périodiques, les ondulations de froid et de chaleur le seront aussi. Or, la rapidité avec laquelle les ondulations de froid et de chaud se neutralisent les unes avec les autres, est en rapport inverse des intervalles qui les séparent, et conséquemment les fluctuations de température qui dépendent de plus courtes périodes, sont à peu près en raison de la longueur de ces intervalles de temps.

Ainsi les profondeurs auxquelles les fluctuations annuelles de température cessent d'être sensibles, sont trois ou quatre cents fois plus grandes que celles où les changements diurnes sont neutralisés. Or il peut arriver, d'après la lenteur de la propagation à des profondeurs si considérables, que les ondulations dues au froid de l'hiver composé de plusieurs ondulations diurnes alternatives plus ou moins intenses, n'arrivent à la caverne qu'au milieu de l'été suivant. En un mot, si l'on pouvait en un moment donné, sonder au moyen de thermomètres introduits dans son intérieur, l'axe de la montagne dans toute sa longueur, il serait possible que ces instruments indiquassent des déviations alternatives en plus ou en moins de la température moyenne de l'air.

Il est du moins constaté par les expériences faites dans les puits artésiens que la température des couches supérieures du sol est plus chaude en été et plus froide en hiver, que celle des couches qui sont le plus profondément situées. Ainsi, à partir de ce point stationnaire de chaleur, la température va régulièrement et graduellement en s'accroissant à mesure que l'on descend davantage.

Sans doute c'est bien là le sondage supposé par sir J. Herschel; mais il n'a pas démontré les alternatives de bandes chaudes et froides que son hypothèse devrait faire rencontrer dans le sol.

Du reste il existe un grand nombre de cavernes dans lesquelles le thermomètre descend en été fort au-dessous de la température intérieure. Saussure a particulièrement cité dans ses voyages dans les Alpes les caves froides de Chiavenne, de Cesi, d'Ischia, de Monte-Testaceo, de Caprino près du lac de Lugano. Dans cette dernière localité le thermomètre était à + 2° R, lorsque la température extérieure était à + 21° au même thermomètre de Réaumur. Ces caves peu profondes, nullement creusées dans la terre, ont leur sol au niveau des terrains adjacents. Elles sont établies dans un rocher fissuré; il en sort un vent extrêmement froid, phénomène qui s'est représenté dans plusieurs autres de ces cavités.

La cave d'Hergissvyl près de Lucerne, visitée aussi par de Saussure, contient en été de la neige glacée, le thermomètre extérieur étant à

+18°,3 R. Ce grand observateur rapporte sur le dire d'autrui qu'il y gèle aussi en hiver seulement plus tard qu'à l'air libre, mais plus fortement. Saussure attribue ce phénomène à des réservoirs d'air intérieur qui conservent la température moyenne du sol, ou même une température un peu inférieure. Cet air venant à se dilater, se refroidit encore en passant sur des terrains humides où s'opère une grande évaporation d'eau.

Il existe également une montagne glacée dans les chaînons subordonnés de la chaîne des monts Cacasson, dans le comté de Hampshire dans l'état de Virginie en Amérique. Ces montagnes sont composées de grès en couches perpendiculaires.

La montagne de la Rivière du Nord forme une espèce de muraille perpendiculaire, contre laquelle est déposé un amas de débris anguleux de grès laissant entre eux de nombreux interstices. C'est dans les cavités de ce talus que la glace se conserve pendant la saison chaude.

M. Hayden visita cette localité au milieu de l'été 1838. La température de l'air était à l'ombre de +28°,5 R., mais le thermomètre placé au haut de la montagne dans une cavité du sol, descendit rapidement à +3°,9 de Réaumur.

Les rochers ruisselaient d'humidité à leur surface par la condensation de la vapeur contenue dans l'air, quoique le point de rosée fût extrêmement bas. Dès que M. Hayden écartait quelques fragments du rocher de la surface, on trouvait à l'intérieur de la glace solide; une cavité de trois ou quatre pieds, abritée seulement par des planches mal jointes, était remplie de neige qui brillait à travers leurs interstices.

Cette neige, dure, friable, cristalline, ne semblait avoir éprouvé aucun effet de la température de l'été. Une source qui sortait de la base de la montagne glacée, ne présentait aucun refroidissement dans ses eaux, dont la température était semblable à celle des sources du pays, c'est-à-dire, de +8°,5 à +8°,9 R., température moyenne de la contrée. Les habitants profitent du pouvoir réfrigérant de la montagne, pour y placer leurs laiteries et leurs fromages, qui sont entourés de trois côtés par le sol glacé. Les murailles de ces laiteries sont souvent, pen-

dant l'été, incrustées de glace à l'intérieur, et l'on voit pendre du toit des stalactites de glaçons.

M. Hayden attribue cette propriété réfrigérante uniquement à la nature caverneuse et poreuse de l'amas de grès qui constitue la montagne, dont l'exposition est d'ailleurs au Nord-Ouest. La glace qui s'y forme pendant l'hiver, y est préservée contre la chaleur de l'été par la faculté peu conductrice de la chaleur des roches de la surface.

Il appuie cette explication des faits analogues observés soit dans le Monte-Testaceo de Rome par Pictet, soit dans le Mont Etna, où la neige se conserve sous la lave. Si les effets produits dans la montagne glacée du Hampshire sont aussi considérables, cela est dû aux énormes dimensions du dépôt des débris qui s'y trouvent accumulés. La couleur des roches, d'un blanc sale, les rend aussi, par leur pouvoir de réflexion et de rayonnement, moins susceptibles que d'autres d'absorber de la chaleur [1].

On conçoit dès lors comment les caves de Roquefort ont une température constamment inférieure à la température moyenne du lieu où elles sont situées. Il suffit en effet qu'elles soient placées au-dessous des courants d'air qui passent sur des masses de neige congelée ou des amas de glace, pour qu'une pareille circonstance s'y montre d'une manière à peu près continue. Elle doit s'y maintenir, si comme à Roquefort, la chaleur de l'été ne fait pas fondre les glaces accumulées dans l'intérieur des roches auprès desquelles sont placées les caves à fromages.

D'autres causes viennent s'ajouter à celles-ci pour donner à ces lieux une basse température; mais ces causes sont moins efficaces que celles dont nous venons de donner une idée. Parmi ces effets secondaires, on peut signaler la grande saillie ainsi que l'élévation des rochers aux pieds desquels sont situées les caves de la fameuse rue de Roquefort. Le soleil éclaire seulement pendant quelques instants de la journée, du moins en hiver, les murailles extérieures qui les ferment. Le rocher isolé et très-élevé placé à l'extrémité méridionale du village, empêche également les

[1] *Americ. Journ. of scienc.*, juillet 1843.

rayons du soleil d'échauffer les murailles de l'enceinte de ces cavités, et par suite d'en élever la température. C'est principalement sur les caves dites Delmas, que ce rocher projette son ombre. Celles-ci, les plus fraîches de toutes, sont aussi regardées dans le pays comme les meilleures, c'est-à-dire, celles d'où sortent les fromages du goût le plus exquis, et qui se conservent le plus longtemps.

En observant avec soin la température de l'air extérieur à l'ombre, le 22 mars 1835, jour auquel nous avons visité les caves de Roquefort, nous l'avons trouvé de + 8° R. (+ 10. c.), tandis que celle des caves Delmas était seulement de + 5° R. (+ 6° 25 cent.) [1]. Quant à la température des caves Laumière, la plus faible que nous y avons observée a été de plus + 6°,20 R. (+ 7°,80 c.). Cette dernière, quoique plus rapprochée de la température de l'air extérieur, était pourtant à cette époque sensiblement au-dessous; mais elle était bien supérieure à celle des caves Delmas.

Ces faits semblent annoncer l'influence qu'exerce la position des caves sur leur température; du moins les plus rapprochées du courant d'air extérieur, dont nous venons de parler, qui offrent en même temps le plus de fissures dans leur intérieur, et qui sont les plus abritées des rayons du soleil, sont aussi les plus froides et celles où se fabriquent les fromages de la meilleure qualité. Si nous devions ajouter foi aux observations de M. Laumière, que nous avons extraites de ses registres, des différences plus considérables que celles que nous avons signalées existeraient entre la température des bonnes caves de Roquefort, et celle des autres caves de ce village. Ainsi, d'après M. Laumière, l'air de cette rue aurait eu le 19 août 1827, une température de + 16° R. (+ 20° c.), tandis qu'à la même époque celle des caves aurait varié entre + 3° et + 4° R. (+ 3°,75 et 5° c.), c'est-à-dire, qu'elle était de +6° R. (7°,5 c.) inférieure à celle de l'air extérieur.

[1] On sera peut-être étonné de voir que nous avons indiqué les deux termes des thermomètres de Réaumur et centigrade. Nous avons suivi cette marche afin de rendre nos observations plus faciles à être saisies par les fabricants de Roquefort, qui font uniquement usage du premier de ces thermomètres, et des savants, qui ne se servent que du second.

Quant aux autres caves de Roquefort, situées assez loin de la fameuse rue, la température la plus basse observée dans celle dite de Pomarède, aurait été supérieure à celle du vestibule des premières : cette dernière étant égale à + 11° R. (+ 13°,75 c.), tandis qu'à la même époque, la cave dite de Molinier, avait + 14° R. (+ 17° c.), chaleur pourtant encore inférieure à celle de l'air extérieur de + 2° R. (+ 2°,5 c.)

Ces faits peuvent nous faire concevoir, pourquoi les tentatives exécutées jusqu'à ce jour pour obtenir des caves aussi favorables à la préparation des fromages que le sont celles de Roquefort, ont été généralement infructueuses. Sans doute ces caves ont été généralement construites, dans des lieux profonds et abrités des rayons du soleil ; mais ce que l'on n'a pas même tenté de leur donner, c'est la basse température dont jouissent les premières, et qui en fait tout le mérite. On y parviendrait, ce semble, en plaçant auprès d'elles des glacières artificielles, disposées de manière à y introduire des courants continuels d'air froid analogues à ceux qui pénètrent dans les bonnes caves de Roquefort par les nombreuses fissures des rochers au pied desquels elles sont placées [1].

Quant à ces cavités considérées en elles-mêmes, elles sont loin d'être grandes et spacieuses comme l'on serait tenté de le supposer, en pensant aux prix excessifs auxquels se vendent celles de la fameuse rue. Ainsi, celles de M. Delmas ont coûté 215,000 francs au négociant qui les possède aujourd'hui ; quoique certainement elles n'aient pas nécessité une dépense de 12,000 francs. En effet, elles sont fort petites, fort étroites et fort sales. Divisées de bas en haut par des planches destinées à recevoir les fromages, elles ont aussi plusieurs étages. Ce ne sont donc point de vastes grottes souterraines ni des cavités plus ou moins spacieuses,

[1] Deux conditions semblent nécessaires pour la bonne préparation des fromages de Roquefort : si, pour les obtenir, on plaçait auprès des caves des glacières artificielles, il faudrait prendre quelques précautions. On pourrait, par exemple, faire passer les courants d'air dans des tuyaux particuliers. De cette manière on abaisserait moins promptement la température des caves, et l'on obtiendrait l'avantage de n'introduire que des courants d'air à la fois secs et froids, double circonstance qui semble indispensable à ce genre de fabrication. Il serait également avantageux d'amener dans ces galeries des courants dont la température primordiale fût la plus basse possible.

pratiquées au-dessous du sol, mais de simples et modestes bâtisses adossées au rocher, dont les soupiraux y entretiennent une étonnante fraîcheur. Ce qui leur donne un si grand prix n'est point leur vaste étendue ni leur élévation, mais leur basse température; en un mot, ce que l'on achète réellement, ce sont les courants d'air froid que leur position y entretient à peu près constamment. Sans doute l'absence de toute lumière et d'une communication directe avec l'air extérieur, peut bien y maintenir une basse température; mais ces circonstances ne sauraient la produire ni la déterminer.

Il paraît donc que l'on doit attribuer la bonté des fromages de Roquefort aux courants d'air froid que les fissures entraînent sans cesse dans les caves; car leur basse température ne peut dépendre de leur enfoncement au-dessous du sol ou de leur profondeur, leur niveau le plus inférieur étant égal à celui de la rue dans laquelle elles sont placées. La manipulation n'y est peut-être pas non plus sans quelque influence; il en est probablement de même de la qualité de lait de brebis qui sert à les confectionner. D'après les plus habiles manipulateurs de Roquefort, le lait le meilleur serait celui de deux fermes assez rapprochées de ce village nommées le Mas et le Busquet; d'après eux, ce lait transporté dans les bonnes caves de Roquefort, donnerait les meilleurs fromages.

On nous pardonnera sans doute une aussi longue digression à raison de l'intérêt que présente le phénomène qui, après avoir occupé la sagacité de Chaptal, a aussi attiré l'attention de M. Giron de Buzareingues, physicien aussi distingué qu'agronome habile [1]. Chaptal avait porté principalement son attention sur la préparation des fromages de Roquefort, il avait même indiqué plusieurs améliorations à apporter dans leur fabrication. Nous ignorons si elles ont eu lieu, les caves ne recélant pas la moindre trace de fromages à l'époque où nous les avons visitées [2].

[1] Voyez son mémoire sur les caves de Roquefort; *Annales de Chimie*, t. LXV, p. 362.

[2] *Annales de Chimie*, t. III, p. 31.

Du reste, d'après le célèbre chimiste de Montpellier comme d'après nous, la fraîcheur des caves dépendrait des courants d'air apportés par les fissures; aussi Chaptal observe-t-il que le jour où il les visita, le thermomètre, qui à l'ombre et à l'air extérieur, se maintenait à + 23° R., descendit à + 4° R. après un quart d'heure d'exposition dans le voisinage d'une de ces fissures. D'après lui, la température de ces caves serait très-variable, soit à raison de leur exposition et de la chaleur de l'atmosphère, soit enfin à cause de la nature et de la direction du vent régnant. Il lui a paru enfin que, plus l'air extérieur était chaud, plus les caves étaient froides, parce qu'alors le courant était plus fort. Il a encore admis que le vent du Sud en favorisait singulièrement la fraîcheur, et l'on pourra juger, d'après ce que nous avons fait observer, si cette supposition de Chaptal peut réellement être admise.

Telles sont les principales observations que ce chimiste a faites sur ces cavités; ces observations sont loin, ainsi que celles qui leur ont succédé, d'avoir résolu une question qui mérite à la fois l'attention du naturaliste et du physicien. Puissions-nous avoir été plus heureux que les observateurs qui nous ont précédé dans l'explication du singulier phénomène que présentent les caves de Roquefort.

c. *Du mercure natif de l'Aveyron.* — On a fait récemment grand bruit d'une mine de mercure découverte à ce que l'on assurait dans les environs de Roquefort et de Tournemire; nous ne pouvons nous empêcher d'en dire quelques mots, d'autant que si elle avait été réelle, elle aurait eu la plus grande importance.

Tout ce qu'il y a de certain à cet égard, c'est que des personnes dignes de foi ont recueilli quelques gouttelettes de mercure dans les fossés creusés dans les marnes liassiques de Roquefort et de Tournemire. Des faits pareils ont été généralement signalés depuis longtemps. Ils sont consignés dans l'histoire du Rouergue de Bosc. Cet historien rapporte, sur le témoignage du nommé Thévet, qui écrivait en 1579, qu'à un village nommé le Minier près Montjoux, on avait vu découler d'un rocher

une grande quantité d'argent vif. Cet écoulement avait eu lieu après un éboulement; il fut si considérable que l'on pouvait comparer le bruit qu'il produisit à celui que les torrents font en s'écoulant dans la rivière du Tarn. Cet énoncé du dire de Thévet suffit pour faire juger du peu de croyance qu'il mérite.

Il en est de même des exagérations débitées dans ces derniers temps, au sujet des prétendues mines trouvées dans les environs de Belmont et de St-Paul-des-Fonts. Les ingénieurs des mines qui, depuis ces pompeuses annonces, se sont transportés sur les lieux, n'ont pas pu observer la moindre gouttelette de mercure, ni même remonter jusqu'aux auteurs de cette découverte. Il en a été de même lorsqu'on a voulu s'assurer de la présence du cinabre dans cette même localité. Ces ingénieurs n'ont pas pu en reconnaître la moindre trace.

Ils ont seulement constaté que l'on a vu autrefois s'échapper à de très-rares intervalles des marnes bitumineuses liassiques, dont est formé le sol des petites vallées de Tournemire, de Roquefort, de St-Paul-des-Fonts et de Belmont, de petites quantités de mercure natif.

La présence de ce métal dans les marnes liassiques de ces localités ne serait pas cependant bien extraordinaire, puisque le cinabre est exploité à Dria dans les schistes bitumineux qui préludent au calcaire pénéen. Mais les conditions de ces divers gisements sont complétement différentes. Ainsi à Belmont le lias repose sur le grès bigarré, et les terrains au nord de ce village appartiennent pour la plupart aux schistes primitifs et aux gneiss; tandis qu'au sud dominent les formations de transition.

En thèse générale, le gîte ordinaire des minerais de mercure est dans les dépôts qui commencent la série des terrains secondaires. Les mines les plus riches de ce métal sont ouvertes dans les terrains du groupe carbonifère, et surtout dans le grès rouge, où il se trouve en amas. On le rencontre quelquefois dans les terrains plus anciens, comme à Almaden, ou dans des formations plus récentes, comme sont les gîtes de la Carniole ou du Pérou.

Ce n'est pas une raison pour qu'on n'en découvre pas dans des cou-

ches d'un âge plus récent, puisque nous avons trouvé dans les environs de Montpellier des quantités très-notables de mercure natif, ainsi que de petits cristaux de calomel. Ces gouttelettes métalliques, disséminées sur des espaces souvent assez étendus, ne s'y rencontrent que parce que sublimées et vaporisées, elles ont traversé tous les terrains pour arriver presque jusqu'au sol le plus superficiel.

L'argent vif, ainsi sublimé à Montpellier et dans les diverses localités de l'Aveyron que nous avons déjà citées, ne peut jamais être utilisé, et les gîtes qui le renferment ne sauraient être assimilés à de véritables mines. Du reste, en supposant que la quantité que l'on pourrait en recueillir en Aveyron fût plus considérable que celle qui a été rencontrée à Montpellier, elle ne pourrait jamais permettre une exploitation régulière et profitable. Les globules de mercure y sont trop divisés et disséminés à des intervalles trop considérables les uns des autres, pour pouvoir être recueillis avec avantage.

On doit donc renoncer à toute idée de recherches dans les terrains tertiaires des environs de Montpellier, quelque facilité qu'ils puissent présenter aux fouilles. Ce que nous avons fait à leur égard, les industriels nous imiteront sans doute en ce qui concerne ceux de l'Aveyron. On doit d'autant moins tenter aucun genre d'exploitation dans ce dernier département, que le mercure natif paraît y être en quantité moins considérable qu'à Montpellier.

Les grands travaux entrepris de toutes parts pour les chemins de fer de Cette et de Nîmes, viennent de prouver combien ce métal, accumulé quelquefois sur des points peu spacieux, est rare dans les terrains qui le recèlent, lorsqu'on les fouille sur une grande échelle. Il en serait tout autrement si l'on venait à le découvrir avec le sulfure de mercure ou avec d'autres minerais du même genre.

Il est difficile de l'espérer dans les terrains sub-apennins des environs de Montpellier, et même dans les formations liassiques de l'Aveyron. Toutefois la présence du mercure, ainsi volatilisé dans les formations peu anciennes, est une circonstance que la science doit enregistrer dans ses annales; mais quelque intérêt qu'elle puisse avoir pour l'histoire

physique du globe, on ne doit pas perdre de vue qu'elle est sans importance pour les arts et l'industrie.

d. De la désignation vulgaire des plateaux calcaires. — Les plateaux calcaires, soit qu'ils aient l'étendue du Larzac, ce qui du reste est fort rare, soit que cette étendue soit moins considérable, sont généralement désignés dans le midi de la France sous le nom de *causses;* cette dénomination de *causses* qu'on leur donne paraît dériver du mot *caou,* qui dans l'idiome méridional veut dire chaux; on entend donc par *causse* un pays à chaux.

Du reste lorsque dans les contrées méridionales, comme l'Aveyron et les Cévennes, il n'existe que deux ou trois grandes formations, on peut par la connaissance de la culture qui y est suivie, arriver jusqu'à celle de la nature générale du sol. Ainsi en Aveyron, les grands pâturages, ceux qui fournissent un pacage succulent pendant tout le temps de l'année où la neige ne recouvre pas le sol, sont établis dans les formations volcaniques. La nourriture abondante que trouvent les gros bestiaux dans ces gras pâturages, y a donné lieu à l'établissement d'une industrie particulière, celle de la fabrication des fromages, et par suite, à la construction des burons où ceux-ci se préparent. Il existe bien de pareils établissements dans les pays calcaires, et, par exemple, sur le Larzac dont nous venons de parler; mais les excellents fromages de Roquefort que l'on y prépare, ne sont plus faits avec du lait de vache; on se sert uniquement, pour leur confection, du lait de brebis. Or, les menus bestiaux ne sont pas ceux que l'on élève au milieu des prairies verdoyantes des terrains volcaniques des environs de Laguiolle et d'Aubrac. L'on n'y voit guère que des bœufs, des vaches et des veaux. Le menu bétail prospère seul au milieu des pâturages secs et arides du sol calcaire qui forme le plateau du Larzac; c'est ce bétail auquel nous devons les fromages de Roquefort [1].

[1] Les bêtes à laine du Larzac rappellent par leurs formes la race mérinos, et paraîtraient en quelque sorte en être descendues. L'ampleur de leurs mamelles est une suite de la puissance d'impulsion à laquelle on soumet ces animaux.

Des pâturages aussi excellents et aussi gras n'existent dans aucune partie des Cévennes, à la même hauteur que dans les environs d'Aubrac, de Laguiolle et d'Espalion; peut-être cela tient-il à ce que les formations volcaniques ne s'y montrent nulle part. Ce qu'il y a de certain, c'est que les grands pâturages des Cévennes ne fournissent pas une nourriture assez abondante pour les gros bestiaux; ils sont seulement suffisants à l'entretien du menu bétail. Dès lors, les cavernes y étant d'un autre côté assez rares, on ne trouve aucun buron ni aucun établissement destiné à la fabrication des fromages dans toutes les Cévennes.

Quant aux terrains primitifs soit granitiques, soit schisteux, la culture ne peut en profiter que pour le seigle, le blé sarrasin et le châtaignier. Le blé, la vigne, caractérisent avec le noyer et le mûrier, du moins dans certaines localités, les terrains calcaires. En effet, ces deux cultures ne réussissent point ailleurs aussi bien que dans ces terrains, soit en Aveyron, soit dans les Cévennes.

Si l'espèce ou le genre de culture permet de distinguer la nature du sol, il en est de même des forêts. Les bois d'érables et de chênes accompagnés des buis, se montrent à peu près constamment dans les terrains calcaires, tandis que ceux composés de hêtres ou de fayards et de châtaigniers, existent principalement dans les terrains primitifs, soit schisteux, soit granitiques, surtout dans les derniers terrains.

Les formations calcaires, et sous ce nom nous comprenons uniquement les formations secondaires, occupent au moins le tiers du département de l'Aveyron. Nous disons au moins le tiers de la surface de ce département, car il est fort difficile d'évaluer rigoureusement l'étendue occupée par cette nature de sol. En effet, souvent ce genre de terrain n'est masqué que par les formations qui s'élèvent à des hauteurs plus considérables. On le voit parfois reparaître à la vérité dans les bas-fonds, ou même sur de grandes élévations, ainsi qu'on l'observe lorsqu'on parvient au-dessus de la rive droite du Lot. C'est surtout à la base des terrains schisteux et granitiques, qui servent d'appui aux formations volcaniques qui composent les montagnes de St-Chély d'Aubrac, de

Laguiolle, de Lacalm et de Terondels, que ces formations prennent un grand développement.

En effet, les terrains calcaires commencent vers le Sud, bien au delà des limites de ce département, et s'étendent sans interruption vers le Nord jusques au delà de St-Germain.

De ce point, ces terrains se prolongent à l'Ouest, occupant la plus grande partie de l'arrondissement de St-Afrique. On les voit reparaître au-dessous de Rodez, se prolongeant à la fois vers St-Geniez, au Nord, vers Espalion, et à l'Ouest, jusqu'au delà de Marcillac. Les mêmes formations se montrent de nouveau près Rignac, dès que l'on a passé le torrent de l'Alzon, sur lequel est construit le pont de la Monnaie. De ce point, ces formations parviennent vers le Nord jusqu'à la frontière du département du Cantal. Elles occupent ensuite tout l'arrondissement de Ville-Franche, à l'exception du canton de Rieupeyroux et d'une partie de celui de Najac. Ainsi les formations calcaires enveloppent de toutes parts le département de l'Aveyron, tandis que les terrains primitifs le traversent dans la seule direction du Nord au Sud, sauf néanmoins la partie calcaire, qui forme pour ainsi dire un barrement marqué dans toute sa largeur, c'est-à-dire de l'Est à l'Ouest.

Les limites que nous venons d'assigner aux terrains calcaires peuvent donner une idée du grand développement qu'ont acquis dans l'Aveyron ces formations, et du genre de culture qui y a pris le plus d'extension; car, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, la nature du terrain a déterminé l'espèce de culture qui pouvait s'accommoder avec cette même nature du sol.

Les sommets des montagnes calcaires se présentent peu en Aveyron avec des couches tellement décomposées, que leur cime ressemble à de vieux édifices tombant en ruines. De pareilles couches ruiniformes ne s'y voient guère que sur le plateau du Larzac et sur les sommets des monts calcaires des environs de Millau. En général, les croupes et les sommets des montagnes calcaires y sont trop arrondis pour présenter cette disposition. On peut facilement s'en convaincre en jetant les yeux sur les montagnes calcaires des environs de Rodez et de Ville-Franche.

Les formations calcaires de l'Aveyron offrent peu de minéraux. On n'y trouve guère, en effet, que du peroxyde de fer hydraté, soit massif, soit en grains, et le plomb sulfuré : ce dernier minéral y est du reste fort rare. Quant à l'arkose, genre de roche qui se rencontre assez fréquemment dans le département de l'Aveyron, et par exemple dans les environs de Cassagnètes, près de Rodez, et dans ceux de Ville-Franche, elle y occupe une assez grande étendue. Elle est parfois traversée par de beaux filons de quarz et de feldspath. Dans certaines localités, comme par exemple, dans les environs de Flavin, les arkoses se montrent liées à des mimophyres quarzeux, lesquels se rattachent aux terrains primitifs. Il est possible même que la plupart des arkoses de l'Aveyron se rapportent à la partie la plus supérieure des terrains primordiaux; ce qui est surtout évident pour celles des environs de Flavin.

Quant aux formations oolithiques de ce département, elles sont essentiellement calcaires ou marneuses. Étudiées dans leur structure en grand, on les voit composer à la fois des pics isolés plus ou moins élevés, ou s'étendre en monts assez continués pour être couronnés de plateaux étendus. Ces plateaux sont loin cependant d'acquérir jamais la grandeur et l'importance des plateaux jurassiques dont celui du Larzac est le plus considérable. Le terrain oolithique présente du reste le même genre de culture que les autres terrains calcaires; la vigne y prospère du moins aussi bien qu'ailleurs, lorsque l'exposition du sol lui est favorable. Ce n'est pourtant que sur les revers exposés au Sud que la culture de la vigne donne en Aveyron des résultats utiles, et cela soit dans le calcaire, soit dans les grès bigarrés. On ne tente jamais ce genre de culture dans les terrains primitifs, quelle que soit d'ailleurs leur exposition.

4° FORMATIONS VOLCANIQUES.

Les formations volcaniques se montrent à peu près restreintes à la partie septentrionale de ce département; elles y occupent la plus grande partie du nord et du nord-est de l'arrondissement d'Espalion. Ces for-

mations se lient avec celles du Cantal et de la Lozère, qui elles-mêmes se joignent à celles du Vélay. Les montagnes d'Aubrac les montrent les plus pures ou les moins rapprochées d'autres roches. Les terrains volcaniques composent la masse de cette chaîne à peu près complétement; peut-être les monts d'Aubrac doivent-ils à cette circonstance leur grande fertilité.

Les mêmes terrains sont aussi fort développés au nord du département, principalement vers le mur de Barrès. Ils y sont accompagnés par des roches de calcaire d'eau douce compacte, caractérisé par des lymnées et quelquefois par des phanorbes. Ces calcaires deviennentparfois siliceux, mais comme ceux des environs d'Aurillac et du Cantal, ils se montrent constamment inférieurs aux laves, ainsi qu'aux autres couches ou formations volcaniques, ce qui permet d'établir l'âge de ces dernières formations.

Les roches que l'on observe au milieu de ces terrains sont :

1° Les laves basaltiques compactes, plus ou moins chargées de péridot, d'amphibole ou de pyroxène. Elles se présentent quelquefois en colonnes prismatiques, accolées et superposées les unes aux autres. On peut citer comme exemple les prismes basaltiques de Laguiolle, lesquels sont superposés immédiatement sur les roches granitiques ;

2° Les laves scoriacées plus ou moins boursouflées, dont les cavités sont parfois tapissées d'une poussière toute particulière, noirâtre ou d'un jaune d'or;

3° Les trachytes grisâtres avec feldspath vitreux à très-petits grains;

4° Les trachytes rougeâtres dont le feldspath est moins distinct;

5° Les trachytes compactes d'un gris verdâtre, avec quelques cristaux de feldspath vitreux disséminés, et de nombreuses aiguilles d'amphibole noirâtre. Ces aiguilles, d'un noir vif, sont déliées, très-fines et très-brillantes. Ces trachytes se distinguent essentiellement des premiers par leur compacité et leur dureté; cependant ils semblent avoir éprouvé une fusion plus complète. Ils sont également plus âpres et plus rudes au toucher, quoique leur tissu soit tout à fait compacte, sans vacuoles ni cellules;

6° Les leucostines compactes, dans lesquelles l'on voit des cristaux de feldspath à peine distincts;

7° Les leucostines porphyroïdes à pâte sub-lamellaire et sub-vitreuse, d'un noir vif, avec de nombreux cristaux de feldspath vitreux généralement d'une petite dimension.

Enfin ces formations volcaniques offrent souvent des laves noirâtres, quelquefois tellement altérées et décomposées, qu'on les a prises pour des pouzzolanes, dont elles ont du reste toutes les propriétés. Les plus supérieures de ces laves semblent le résultat des éruptions boueuses; leur peu d'adhérence et leur facile et prompte décomposition le font du moins présumer.

Les montagnes volcaniques de l'Aveyron n'offrent jamais de cavités qui, par leur disposition générale, puissent rappeler l'existence d'anciens cratères. Elles présentent également peu l'aspect de pitons, aussi offrent-elles fort rarement la forme conique, qui en général distingue cet ordre de terrain. Elles affectent tout au plus cette disposition lorsqu'elles sont composées de laves prismatiques, comme par exemple, les monts des environs de Laguiolle; lorsqu'au contraire ces montagnes sont formées de laves compactes ou scoriacées, ou enfin de trachytes, leurs contours sont arrondis et leurs formes très-ondulées. Alors une pelouse rase et unie les recouvre en grande partie, et le pâturage qu'elles fournissent est excellent pour les gros bestiaux. Telles sont les montagnes d'Aubrac, remarquables par leur uniformité, la pelouse verdoyante qui les recouvre, leurs lignes ondulées et adoucies, et leurs contours singulièrement arrondis. Les gros bestiaux abondent sur ces montagnes; ce n'est que dans les points les plus secs et les plus arides, vers la Lozère, du côté de Marnejols, que l'on élève un assez grand nombre du même bétail.

Les montagnes d'Aubrac offrent également sur leurs sommets des bassins plus ou moins étendus. Les eaux se sont réunies dans ces bassins et y ont formé des lacs plus ou moins considérables; tels sont les lacs d'Aubrac, au nombre de quatre fort rapprochés les uns des autres: parmi eux, celui de St-Andéol est le plus étendu, tandis que le lac de

Borre est au contraire le plus petit. Des traditions locales, reproduites dans le travail de M. de Gaujal sur les antiquités du Rouergue, sembleraient annoncer que ces lacs, dont la profondeur est cependant assez grande, ont éprouvé à de certaines époques des crues d'eau assez fortes pour renverser de petites chapelles bâties dans les îles qui s'élevaient jadis au-dessus du niveau de leurs eaux.

Ce qu'il y a de certain, c'est que l'on ne voit plus aujourd'hui la moindre trace de ces îles dans le lac de St-Andéol, où les traditions les placent pourtant. Les autres lacs d'Aubrac, connus sous les noms de Souverols et de Salliens, sont traversés et probablement alimentés par la petite rivière de la Garde. Ceux-ci, situés au nord-est du village d'Aubrac, se montrent plus rapprochés de ce village que les lacs de St-Andéol et de Borre, qui se trouvent vers le sud-est. Du reste, la température des sources que l'on observe sur les montagnes d'Aubrac, se maintient à peu près constamment entre + 6° ou + 7° au-dessus de zéro ; ce qui peut donner une idée de la température moyenne de ces montagnes, les plus élevées du département de l'Aveyron.

La plus grande étendue des monts d'Aubrac est du nord-est au sud ; par conséquent leur étendue la moins considérable est de l'est à l'ouest. Elles ont dans la première direction jusqu'à huit ou neuf lieues d'étendue ; tandis que cette même étendue n'a guère plus, dans la seconde de ces directions, de quatre à cinq lieues. L'aspect de cette petite chaîne est infiniment gracieux, quoique monotone, par suite de l'uniformité que présentent les beaux pâturages qui les recouvrent. Aussi est-il fort difficile de retrouver son chemin lorsqu'on les parcourt, rien ne pouvant vous guider.

De grandes forêts existent également sur les montagnes volcaniques de l'Aveyron. Parmi ces forêts, on peut signaler celles d'Aubrac et de Laguiolle, qui se font remarquer par la beauté des hêtres qui les composent. On y a planté également quelques sapins, qui paraissent y avoir assez bien réussi ; quant aux bouleaux, on ne les voit guère en certaine quantité que dans un seul des bois de ces montagnes. Les chênes y sont également peu abondants.

Il est assez difficile de fixer l'âge des différentes formations volcaniques de l'Aveyron. Seulement, pour celles des environs du mur de Barrès, comme elles se montrent constamment supérieures ou superposées aux terrains d'eau douce, leur épanchement doit avoir été postérieur au dépôt de ces terrains. Les formations de Laguiolle et d'Aubrac s'appuient immédiatement sur les roches granitiques, et ne sont recouvertes par aucune autre roche propre à permettre d'en fixer l'origine. Il n'est donc guère possible d'évaluer l'époque à laquelle elles ont été épanchées ou soulevées. Cependant tout fait présumer qu'elles sont tout au moins aussi modernes, si ce n'est plus jeunes, que les formations volcaniques. Du reste, la liaison de ces derniers terrains avec les terrains d'eau douce est tout aussi remarquable en Aveyron que dans tout le plateau central de la France et les volcans éteints du midi de cette contrée.

Nous verrons plus tard quelle influence un parail fait qui est général peut avoir sur l'explication des phénomènes qui ont accompagné les anciennes éruptions ou soulèvements volcaniques.

5° FORMATIONS TERTIAIRES ÉMERGÉES.

Les terrains tertiaires se montrent à peine dans le département de l'Aveyron; ils y sont bornés à quelques lambeaux de calcaire d'eau douce, peu étendus et très-circonscrits dans ce département. Les terrains tertiaires émergés ne prennent en effet un grand développement que dans le Cantal et le Puy-de-Dôme. Les principales localités de l'Aveyron où l'on ait reconnu ces formations, sont les environs d'Aubin et ceux du mur de Barrès, où ces roches se montrent liées aux terrains volcaniques, et enfin auprès de Varens, où l'on avait supposé qu'elles étaient liées au grès bigarré. Dans la seconde de ces localités, les calcaires d'eau douce sont en général plus compactes et plus siliceux que dans la première. Des planorbes et surtout des lymnées caractérisent à peu près partout ces roches essentiellement émergées.

Telles sont les seules traces de la présence en Aveyron des terrains tertiaires qui y sont réduits aux seules formations émergées de cette période. En effet, l'on n'observe pas plus de terrain tertiaire marin dans cette contrée que dans le Cantal, l'Auvergne, le Vélay, la Lozère, et en un mot, dans tout le plateau central de la France. La cause de cette absence de toute formation marine de la période tertiaire, tient probablement à ce que, par suite de l'exhaussement du sol du plateau du milieu de la France, les mers l'avaient abandonné lorsqu'elles recouvraient encore des contrées moins exhaussées; les mers se sont enfin retirées de ces dernières, lorsque le soulèvement des terrains tertiaires en ayant singulièrement exhaussé le niveau, elles sont rentrées dans les bassins qu'elles occupent aujourd'hui.

Quant aux terrains d'eau douce tertiaires des environs de Varens, ils sont liés à des dépôts gypseux assez abondants. Les couches d'eau douce y occupent un espace fort considérable, et sont très-bien caractérisées. Elles surmontent d'une manière immédiate le lias qui les entoure, et semblent avoir été déposées dans le fond d'un lac; du moins les bassins où on les observe offrent assez la disposition particulière aux lieux qui renferment de grands amas d'eaux lacustres.

Les calcaires d'eau douce de St-Jrest, dans le canton de Villeneuve, arrondissement de Ville-Franche, s'y montrent mélangés avec des marnes calcaires blanchâtres sans fossiles, lesquelles ne sont remarquables que par leurs analogies avec celles qui accompagnent les magnésites de Salinelles (Gard) : on sait que ces magnésites appartiennent aux formations tertiaires d'eau douce. Il serait donc curieux de s'assurer si l'on ne pourrait pas parvenir à en découvrir dans le canton de St-Jrest, où existent également les formations d'eau douce.

Enfin, les calcaires remplis de tubulures ou qui se montrent percés par des cavités plus ou moins profondes et plus ou moins régulières, que l'on voit à St-Santin, canton d'Aubin, arrondissement de Ville-Franche, ne peuvent être sujets à la moindre incertitude sur leur origine. Les fossiles qu'ils renferment la lèveraient totalement, s'il pouvait y en avoir : ce sont en effet uniquement des lymnées et des paludines.

Telles sont les seules localités de l'Aveyron où l'on ait aperçu jusqu'à présent des terrains tertiaires émergés. Ces terrains n'y ont jamais une grande étendue, ni par conséquent une véritable importance.

6° FORMATIONS QUATERNAIRES.

Nous avons déjà fait remarquer combien les terrains quaternaires stratifiés étaient restreints en Aveyron. Il n'en est pas de même des dépôts de ces terrains, qui ne se montrent jamais en couches distinctes et régulières, tels que les terrains d'alluvion anciens, plus connus sous le nom de dépôts diluviens ou *diluvium*. Ceux-ci occupent, au contraire, des espaces plus étendus, recouvrant ainsi par intervalle des terrains de plusieurs lieues.

Nous nous occuperons d'abord des terrains quaternaires stratifiés, et nous terminerons cet aperçu par l'indication des localités où les dépôts diluviens ont été reconnus. Quant aux premiers de ces terrains, extrêmement bornés et circonscrits, ils ne se montrent guère que dans le fond de quelques vallées ou de quelques petits bassins. Ces formations se composent de calcaires sédimentaires, sorte de travertins dans lesquels l'on voit des empreintes végétales, analogues aux espèces qui vivent encore aujourd'hui. Les tiges, ou pour mieux dire leurs moules, y sont plus abondantes que les autres parties. On y voit également de nombreuses empreintes de feuilles, qui pour la plupart se rapportent à des végétaux dicotylédons.

Ces travertins renferment des coquilles fluviatiles et terrestres plus ou moins altérées; quelques-unes offrent encore en partie leurs couleurs. Les espèces que l'on y observe le plus fréquemment sont les *Lymneus palustris* et *auricularius*, ainsi que les *Planorbis carinatus* et *marginatus*. Parmi les coquilles terrestres, on y distingue le *Cyclostoma elegans*, les *Helix nemoralis, semi-rufa* et *striata*, espèces dont les analogues vivent encore sur le sol, où on les rencontre à l'état humatile.

Des sables d'eau douce et des calcaires compactes accompagnent ces

travertins ou sont liés avec eux, de manière à indiquer qu'ils appartiennent à une seule et même formation.

Les terrains quaternaires stratifiés se montrent constamment, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, dans le bas des vallées et dans le voisinage des sources. Ils ne constituent nulle part des formations un peu étendues, occupant à peine des surfaces d'une demi-lieue. Ils ne composent donc pas à eux seuls la moindre colline ni le plus petit piton, et n'ont par cela même aucune importance géologique. Indifféremment superposés sur toutes les formations, ces terrains, les plus récents de tous ceux qui montrent quelques indices de stratification, sont généralement indépendants.

On les rencontre dans les principales vallées du département de l'Aveyron. Ainsi, parmi les localités où ils ont été observés, nous citerons d'abord la vallée de la Salles, près le village de Salles-la-Source, dans les environs de Rodez, et en second lieu, le vallon du Dourdou, près Bozouls, entre Rodez et Espalion. Ces mêmes terrains se rencontrent encore dans la vallée de l'Aveyron, près de Ville-Franche, notamment près du ruisseau de la Bastide; à Capderac, à peu de distance du moulin de la Barre, ainsi qu'au-dessous du château d'Orthonac, toujours dans la même vallée. Ils se présentent également dans celles de l'Ariége, près Salles-Courbatiers, canton de Villeneuve; enfin dans le vallon du Tarn, dans les environs de Millau, près du village de Creyssels, ainsi que dans celui de la Sorgue, près Cornus, entre Millau et St-Afrique.

Les deux points où ces terrains se montrent le plus développés, sont d'une part Salles-la-Source, et de l'autre les environs de Creyssels, près Millau. Cette extension des terrains quaternaires n'est du reste un peu marquée que relativement aux autres localités où on les découvre; car nulle part, même dans ces dernières localités, elle n'est considérable.

Il n'en est pas tout à fait de même du *diluvium* ou des dépôts diluviens: ces terrains clysmiens, qu'il ne faut pas confondre avec les terrains de transport, recouverts par des dépôts distinctement stratifiés,

occupent en effet en Aveyron et par intervalle des espaces d'une assez grande étendue. Pour la plupart produits aux dépens des roches primitives, ils sont par cela même essentiellement formés de cailloux roulés quarzeux ou de roches granitoïdes; quelquefois ces cailloux roulés s'y montrent en assez grande abondance pour être employés avec avantage, dans le pavage des villes ou celui des grandes routes. Tels sont, par exemple, les dépôts diluviens des environs de Rodez: les cailloux quarzeux y sont utilisés sous ce dernier rapport.

On observe généralement deux sortes de dépôts diluviens dans les environs de Ville-Franche: l'un de ces dépôts commence à Venzac, s'étend ensuite dans les communes de St-Remy, de Malle-Ville et de Villeneuve, jusqu'aux environs de St-Igest, occupant ainsi un espace d'environ deux lieues du Sud au Nord-Ouest. Ces terrains se montrent aussi sur les hauteurs de la vallée d'Argouse, et plus particulièrement sur la rive droite du ruisseau de ce nom. Au-dessous du *diluvium*, l'on découvre des bancs assez puissants d'argile plastique secondaire, lesquels reposent sur le calcaire oolithique.

Le dernier de ces dépôts diluviens s'étend considérablement sur les montagnes qui dominent l'Aveyron, principalement sur la rive gauche de cette rivière, dans les environs de Ville-Franche. Il se prolonge depuis la Fouillade jusqu'à Najac, occupant un espace d'environ deux lieues du Nord au Sud-Ouest; on le voit reposer immédiatement dans toutes ces localités sur les terrains primitifs. Quoique diversement placés, puisqu'ils se montrent indifféremment superposés sur des roches d'une époque géologique totalement différente, ils offrent des caractères communs. Tous deux sont composés de cailloux roulés, arrondis, à surface lisse, dont la grosseur est ou céphalaire ou plus ordinairement pugilaire. Les sables dans lesquels se montrent ces cailloux sont généralement rougeâtres et ferrugineux, surtout ceux du second dépôt, quoique dans le premier il y ait des rognons assez nombreux de fer hydroxydé.

L'on voit également un autre dépôt diluvien sur la rive gauche du Lot; celui-ci situé sur les montagnes qui dominent cette rivière, s'étend

sur le plateau que l'on observe entre Saujac et Camboulas, dans le canton de Villeneuve; il est, comme les deux précédents, formé de cailloux quarzeux et de roches granitoïdes, mêlés avec des rognons de fer hydroxydé. Ce dépôt repose immédiatement sur des roches calcaires de l'étage secondaire.

Enfin il existe d'autres dépôts diluviens composés de roches calcaires, lesquelles sont disséminées dans des limons rougeâtres de la même nature. Ces roches calcaires ont cela de particulier, de ne point se montrer en cailloux roulés arrondis, mais bien en petits fragments ordinairement anguleux. Ces derniers, facilement attaqués par les eaux courantes, disparaissent peu à peu des places qu'ils occupaient primitivement. C'est ce dont on peut s'assurer dans la partie méridionale de la vallée de l'Aveyron près de Ville-Franche. Les mêmes dépôts ont rempli des cavernes à ossements qui se trouvent dans les environs de cette dernière ville, sur la rive droite de l'Aveyron, auprès du hameau d'Ordiget. D'autres existent également auprès de Mensalés, canton de Villeneuve, dans le même arrondissement. Comme nous n'avons pas vu les ossements qui ont été découverts dans ces cavernes, nous ne pouvons pas dire à quelles espèces ils se rapportent. Quant à ceux que l'on observe dans celles de Cassanes, près de Brunniquel sur l'Aveyron, dans le département de Tarn et Garonne, ils indiquent des cerfs et des bœufs d'espèces perdues.

Nous avions cru, d'après les échantillons qui nous avaient été adressés d'Ordiget, près de Ville-Franche, que les ossements humatiles que l'on y découvrait s'y trouvaient dans une véritable brèche, mais depuis que nous avons visité cette localité, nous nous sommes assuré que les ossements de cerfs et de bœufs d'Ordiget y étaient ensevelis dans de petites cavernes. Ainsi a cessé l'étonnement que nous avions éprouvé de voir des brèches osseuses aussi distantes de la Méditerranée que celles que l'on découvre dans cette localité. Ces débris humatiles de mammifères terrestres sont accompagnés par des coquilles de terre, parmi lesquelles on distingue le *Cyclostoma elegans*, ainsi que les *Helix nemoralis* et *striata*.

Enfin, les dépôts diluviens se montrent également dans la vallée du Tarn, et par exemple, dans les environs de Millau. Quoique superposés immédiatement sur les terrains calcaires qui composent les montagnes des bords du Tarn, ces dépôts offrent un plus grand nombre de cailloux roulés quarzeux que calcaires. Ces derniers sont au contraire plus abondants que les quarzeux dans le *diluvium* qui s'étend dans la même vallée, depuis St-Georges jusqu'à St-Rome de Cernon. L'épaisseur de ces dépôts diluviens est du reste assez considérable; mais nulle part leur niveau n'est de beaucoup supérieur à celui de la vallée du Tarn, dans laquelle ils ont été disséminés.

§ III.

RÉSUMÉ.

Il résulte de l'ensemble des faits que nous venons de rappeler, que trois grandes formations partagent en quelque sorte le département de l'Aveyron. La principale de ces formations, du moins la plus puissante et la plus étendue, celle qui occupe le plus d'espace, est sans contredit le calcaire. Ses masses s'y montrent généralement soulevées; aussi y forment-elles souvent de vastes et profonds escarpements, surmontés par des plateaux parfois de la plus grande étendue. Ces plateaux nommés dans le midi de la France *causses*, ce qui veut dire terres à chaux, sont essentiellement propres à la culture du blé. Leur sol sec et aride permet peu d'y établir des prairies artificielles, et les naturelles y existent à peine. Sur le revers sud de ces plateaux, la vigne prospère et croît avec vigueur, du moins dans certains cantons de ce département.

Si les plateaux calcaires dont nous venons de parler étaient recouverts par d'autres roches sédimentaires, on pourrait s'assurer de l'époque géologique à laquelle les soulèvements qui les ont produits ont eu

lieu; mais ces plateaux ne présentent aucune roche recouvrante, cette époque est fort difficile à évaluer avec une grande précision. La direction des montagnes que ces plateaux couronnent pourrait peut-être la donner, si cette direction coïncidait avec celle d'autres montagnes dont l'époque de soulèvement aurait été bien déterminée; mais comme rien de semblable n'a été encore fait pour les montagnes calcaires qui environnent celles de l'Aveyron, comme les monts de la Lozère, du Gard et de l'Hérault, nous ne pouvons fixer la date géologique à laquelle a eu lieu le soulèvement du massif calcaire couronné par le grand plateau du Larzac, que d'après la direction des montagnes dont il dépend.

Nous avons également fait saisir les obstacles qui s'opposaient à ce que l'on pût évaluer d'une manière exacte, la surface qu'occupent les terrains calcaires en Aveyron. Tout ce que nous pouvons en dire se réduira aux résultats suivants : c'est que l'ensemble des formations calcaires compose dans ce département deux systèmes principaux ou deux bandes particulières. La plus grande de ces bandes s'étend du Sud-Ouest au Nord-Ouest, presque sans interruption, depuis Soubez jusqu'au delà de Millau, vers St-Germain. Cette bande a dans cette même direction jusqu'à douze lieues environ d'étendue : située au sud du Tarn, elle s'étend à l'Ouest dans la plus grande partie des arrondissements de Millau et de St-Afrique, tandis qu'à l'Est elle va se lier aux plateaux calcaires du Larzac. Ces plateaux, soit ceux du Tarn, soit ceux de l'Aveyron, sont remarquables par leur grande élévation, suite nécessaire de la verticalité de leurs profonds escarpements. Parmi ces plateaux on distingue surtout celui du Larzac, autant à cause de son étendue qu'à raison de la hauteur des escarpements qui le terminent au Sud comme au Nord.

La seconde bande calcaire comprend la plus grande partie du plateau compris entre le Lot et l'Aveyron, depuis Estaing jusqu'à Rodez, et de là jusqu'à la source de la rivière qui a donné son nom au département que nous décrivons.

Cette formation s'étend bien au delà de St-Geniez, allant vers l'Est s'unir et se rattacher aux plateaux calcaires de la Lozère, comme le

fait la première bande de la même nature de sol. Cette bande éprouve souvent de fréquentes interruptions. Ainsi, les formations calcaires, très-développées dans les environs de Ville-Franche, et particulièrement dans la partie la plus occidentale de ce département, éprouvent une interruption notable auprès du pont de la Monnaie, dès que l'on arrive au torrent de l'Alzou. Les formations primitives et de transition leur succèdent vers l'Est, tandis qu'elles se prolongent presque jusque dans le Cantal; aussi dans cette même direction, vers l'Ouest et le Nord-Est, cette bande calcaire va se rattacher aux plateaux du Lot et de Tarn et Garonne, qui appartiennent aux mêmes terrains.

Cette même bande a cela de particulier, d'entourer en quelque sorte les bassins houillers des environs d'Aubin, et ceux situés au-dessus de Rodez, tout à fait sur les bords de l'Aveyron. Les formations calcaires qui s'étendent depuis Rodez presque sans interruption, jusqu'à Ayrolles, au delà et au-dessous d'Espalion, appartiennent à la même bande ou au même système.

Ces formations y occupent un espace d'environ quatorze lieues, du Sud-Est au Nord-Ouest; elles composent le plateau calcaire qui s'étend de Bozouls à Espalion. Le cirque calcaire de Bozouls, qui offre plus de sept cents mètres d'ouverture, et au bas duquel s'écoule la rivière du Dourdou, en fait également partie. Au milieu de ces terrains, l'on voit le précipice connu dans le pays sous le nom de *Tindoul de la Vayssière*, sorte de puits vertical dont la profondeur n'est pas moindre de 50 mètres.

Les terrains primitifs ont également une assez grande étendue en Aveyron, ainsi que nous l'avons déjà fait observer. Ils sont très-développés dans toute la partie occidentale ainsi que dans la partie septentrionale de ce département; on peut les considérer comme formant deux principaux systèmes ou deux bandes, l'une occidentale et l'autre septentrionale.

Le premier de ces systèmes, ou l'occidental, occupe la partie sud-ouest de l'arrondissement de St-Afrique, ainsi que la partie moyenne et occidentale du district de Millau. Il prend son plus grand dévelop-

pement dans les environs de cette ville, auprès de St-Germain, formant l'ensemble des terrains qui s'étendent depuis ce village, dans la direction du Sud-Ouest au Nord-Ouest, jusqu'au delà de Rodez, et se prolongent enfin bien après Rignac. Le Levezou, montagne comprise entre St-Germain et le pont de Salars, est le point culminant de ce système dans cette partie, en même temps qu'il est le point le plus élevé des terrains primitifs. Cette bande primitive comprend également les terrains qui se trouvent entre le Viaur et l'Aveyron, et par conséquent l'entier district de Sauveterre, en allant à l'ouest du département se joindre aux formations calcaires qui abondent dans cette direction, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer.

Le second système primitif, moins étendu que le premier, est en général limité au Sud par le Lot, et au Nord par les formations volcaniques qui se lient aux terrains pyrogènes du Cantal et de l'Auvergne.

Quant aux formations volcaniques, elles sont comme accumulées au Nord et au Nord-Est. Il existe cependant quelques points volcaniques entre les plateaux calcaires du Larzac, mais ces terrains pyroïdes y semblent comme étrangers, en raison de leur peu d'étendue et de leur faible importance. Très-circonscrites et en quelque sorte isolées, les formations qui en font partie ont leur direction parallèle à chacune des rives du Tarn et de la Dourbie. Les mêmes formations se rencontrent encore au milieu des roches calcaires qui bordent la Serre, le Lot et le Dourdou, depuis St-Laurent jusqu'à Entraigues, ou bien au milieu des psammites quarzeux qui constituent les bords de la Tuyère, depuis Cantoin jusqu'à Entraigues. Ce n'est pas cependant là que ces formations prennent leur plus grand développement, mais bien dans la partie du département de l'Aveyron située tout à fait au nord du Lot, comme par exemple, les environs de Laguiolle et les montagnes d'Aubrac. Là les terrains volcaniques reposent immédiatement sur les roches primitives les plus évidentes et les mieux prononcées. Tels sont les basaltes de Laguiolle, que l'on voit superposés sur les granites porphyroïdes, et telles sont encore les laves d'Aubrac, qui sont liées aux granites ou aux gneiss porphyroïdes.

TABLEAU

De l'élévation de quelques points de l'Aveyron, dont la hauteur a été exactement déterminée.

MONTAGNES.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer, exprimée EN MÈTRES.	NOMS des OBSERVATEURS.
Points culminants de quelques montagnes de l'Aveyron.		
La Rogière de St-Chély, point culminant de la chaîne d'Aubrac .	1428,64	Méchain et Delambre.
Point le plus élevé de la chaîne de Lagast, près le hameau de Vitarel	925,85	Idem.
Chapelle de Rieupeyroux	799,10	Idem.
Montagne de St-Guiral, près Saint-Jean-du-Bruel.	1502,42	Loiseleur-Deslonchamps.
Les Vernhettes, point culminant du Levezou	1001,60	La hauteur de ces trois points n'a été évaluée qu'approximativement.
Montagne de Delpal, près Vezins	1000,00	
Arbre de *Louradou*, près Montfranc	585,00	
Niveau de plusieurs vallées ou rivières.		
Hauteur de l'Aveyron à Laguioule-sous-Rodez.	522,00	Valat.
» de l'Aveyron, sous le pont de Ville-Franche.	246	Elle a été déterminée par MM. Loiseleur-Deslonchamps, Castagnier et Gaffard.
» du Tarn sous Puech-Cani, près Broquiés	291,69	Loiseleur-Deslonchamps.
Les points les plus bas du département sont les vallées de l'Aveyron et du Viaur, à l'intersection de ces vallées, vers les limites départementales. On peut les évaluer approximativement à environ 80 ou 90 mètres.		
Points intermédiaires ou de moyen niveau.		
Rodez, pavé de l'église cathédrale	626,59	Méchain et Delambre.
Rodez.	630,00	D'Hombres-Firmas.
Rodez, pavé de la sacristie de la cathédrale.	632,00	Officiers de l'état-major.
Puech-Cani, près Broquiés	418,57	Loiseleur-Deslonchamps.
Plateau jurassique du centre du département (Causse-de-Concourès).	570 à 580,00	Ces deux hauteurs ont été évaluées approximativement.
Plateau du Larzac, près de	600,00	
A l'exception des élévations déterminées trigonométriquement par Méchain et Delambre, les autres ont été évaluées au moyen d'observations barométriques.		

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Les *figures* 1, 2, 3 et 4, représentent les coupes du bassin secondaire de l'Aveyron. Elles font connaître d'une part l'importance des formations houillères dans cette partie du département, et en même temps la grande étendue qui y est occupée par les roches feuilletées, et principalement par les roches de gneiss.

Ces coupes démontrent également la position qu'occupent au milieu des autres terrains les roches éjectées de bas en haut. Parmi ces roches, on voit qu'il n'en est qu'une seule, les basaltes, qui se soit élevée jusqu'au jour ; les autres formations d'injection, telles que les serpentines et les roches trapéennes, n'ont pas été poussées par une force impulsive assez grande, pour traverser l'ensemble des terrains déjà déposés. Ces formations ne sont donc pas arrivées jusqu'au jour, et leurs filons ne sont guère parvenus au delà des terrains houillers.

Enfin le dernier fait général que ces coupes rendent sensible, c'est que le sol secondaire du centre de l'Aveyron repose essentiellement sur les roches feuilletées du genre des gneiss.

Voyons maintenant ce que nous apprennent les diverses coupes relatives aux bassins, dont les formations secondaires et les roches d'injection ou d'éruption sont des plus simples. Les premières sont réduites en effet aux marnes supérieures au lias et aux formations houillères, et les secondes sont bornées aux roches trapéennes. Quant aux formations primitives, elles sont à peu près uniquement composées par des roches feuilletées du genre des gneiss.

La seconde coupe (*figure* 2) est un peu plus compliquée ; du moins on y voit un plus grand nombre de couches secondaires et de roches d'éruption. Ainsi au-dessous des marnes supérieures au lias, on observe des marnes irisées auxquelles succèdent les terrains houillers. Ceux-ci sont traversés par les roches trapéennes et les serpentines, qui arrivent même jusqu'aux marnes irisées. Les failles des terrains houillers sont également indiquées dans cette coupe, dont la base, formée par des roches de gneiss, est percée par les filons des deux formations d'éruption dont nous avons déjà parlé.

La troisième coupe (*figure* 5) se rapporte à une partie du même bassin secondaire du centre de l'Aveyron, dont les formations sont moins simples que celles qui se réfèrent aux coupes précédentes. Elle nous présente en effet une formation d'éruption que nous n'avions pas encore aperçue; ce sont les roches basaltiques qui, bien différentes des autres roches d'injection, ont traversé en totalité, au moins dans certains points, l'ensemble des terrains déjà déposés. Ces masses d'injection ont plutôt percé l'ensemble des terrains primitifs que le système entier des terrains secondaires, lorsque ces dernières formations occupent des points peu élevés, ou composent le fond des bassins.

Quant aux formations secondaires représentées sur les *figures* 5 et 4 de nos coupes, elles se rapportent à l'oolithe inférieur, auquel succède le lias, suivi des marnes irisées et du grès bigarré. Ce grès ou ces marnes surmontent assez généralement les formations houillères qui manquent peu dans le centre de ce département; celles-ci reposent le plus constamment sur les roches feuilletées, principalement les gneiss si abondants en Aveyron. Aux gneiss succèdent des schistes micacés ou micaschistes, et des schistes talqueux (stéa-schistes), lesquels surmontent ordinairement les roches granitiques ou les granites proprement dits. Aussi ces roches se montrent rarement à découvert en Aveyron, si ce n'est dans les lieux où elles se trouvent en rapport avec les formations d'injection, comme, par exemple, dans les environs de Laguiolle.

Partant des données que nous fournissent ces coupes, étudions maintenant plus en détail les diverses formations qui composent le sol le plus superficiel de ce département, le seul qui nous soit connu. Nous décrirons ce sol en commençant par les roches primitives et cristallines, c'est-à-dire, par les plus anciennes.

L'ordre de superposition et les rapports d'âge des différentes roches primitives sont, comme il est aisé de le comprendre, moins faciles à observer que les mêmes rapports ne le sont chez les formations sédimentaires. On remarque, cependant, en parcourant les montagnes de Laguiolle, que le noyau de ces montagnes est formé de roches granitiques, enveloppé de roches schisteuses et enfin de gneiss, dans l'ordre que nous avons indiqué dans nos coupes (*figures* 5 et 4).

Aux environs de Chaudes-Aigues, on voit les schistes micacés traversés par des filons d'un beau granite et de gneiss. Ces filons sont nécessairement plus jeunes que la roche qu'ils ont percée; il en est par conséquent ainsi des granites et des gneiss. Ailleurs on voit le granite traversé par des porphyres feldspathiques bien caractérisés et qui, comme toutes les autres roches d'injection, sont d'un âge plus récent que celles à travers lesquelles elles se sont fait jour.

Les terrains carbonifères ou les formations houillères proprement dites, composent à peu près exclusivement le grand bassin de Firmi. Ils forment en outre une série de petits lambeaux disséminés en deux zones situées l'une au Nord, l'autre au Sud, vers la limite des terrains primitifs et des terrains de sédiment. Ses éléments constituants sont : 1° les grès, dont la nature et la composition éprouvent d'assez grandes et d'assez nombreuses variations ; 2° le schiste houiller ; 5° la houille.

Le bassin de Firmi est surtout remarquable à raison de la grande épaisseur que l'on

y reconnaît à la houille. En effet, ce bassin renferme le massif de houille le plus puissant que l'on connaisse : il a près de 100 mètres d'épaisseur. On trouve avec cette houille et dans le même bassin du fer carbonate lithoïde, dont les couches subordonnées à celles de ce combustible y sont exploitées avec avantage.

Les schistes houillers de ce bassin central offrent également un grand nombre d'empreintes végétales, dont nous ferons connaître plus tard les espèces. Ils sont surmontés par des roches de grès bigarrés à nuances généralement rougeâtres; aussi les terrains qu'elles composent sont connus en Aveyron sous le nom de *rougiés*. Ces grès bigarrés se montrent sur presque tout le pourtour du bassin central de l'Aveyron, formant une bande étendue, mais étroite, laquelle est circonscrite par le terrain jurassique.

L'action continue des soulèvements et des grandes érosions post-crétacées a mis à nu le terrain du grès bigarré dans quelques points, surtout vers le centre du bassin, comme par exemple, Bozouls et Vennac.

Les grès bigarrés constituent enfin presque exclusivement le sol d'une région assez étendue, située au nord-ouest du bassin. Cette région présente un aspect et des produits variables selon que les marnes ou les grès dominent dans le sol; elle est cependant généralement formée de monticules arrondis, surmontée quelquefois par une sorte de chapeau calcaire, composé par les couches inférieures du lias. Au milieu de ce terrain on observe des marnes et des grès de diverses nuances, lesquels alternent les uns avec les autres d'une manière presque indéfinie.

Les marnes sont cependant fort rares dans la partie inférieure de cette formation; elles occupent, principalement vers le milieu de leur hauteur, une épaisseur de près de 100 mètres. Dans la partie supérieure de la formation, on voit les marnes mêlées aux grès en parties à peu près égales.

Quant à la partie supérieure des terrains secondaires, elle est formée en Aveyron par des terrains jurassiques, lesquels composent trois étages distincts, qui, en partant des plus anciens, sont : 1° le lias; 2° l'oolithe inférieur, et 3° l'oolithe moyen.

1° Le lias forme une zone circonscrite par l'oolithe inférieur; il repose tantôt sur les marnes irisées, ou les grès bigarrés, tantôt sur les formations primitives, et assez rarement sur le grès houiller. Dans tous les cas, les couches inférieures présentent des caractères à elles particuliers, et en rapport avec la nature des roches qu'elles recouvrent. Elles sont toujours arénacées ou marneuses, et passent insensiblement à une série de bancs calcaires blancs ou bleus, alternant avec des lits minces d'argile bleue ou noire; plusieurs de ces bancs sont très-coquilliers; quelques-uns ont une texture oolithique très-prononcée.

On rapporte généralement au lias les formations marneuses qui le recouvrent, et qu'il semblerait pourtant plus rationnel de rapporter à l'oolithe inférieur. Ces marnes sont divisées en deux étages principaux par une couche de calcaire jaune souvent fétide. Cette roche est remarquable par la grande quantité de fossiles qu'elle renferme.

2° Le second groupe des terrains jurassiques est l'oolithe inférieur, placé au-dessous du lias. Dans la partie supérieure de cette formation, les marnes passent à un minerai de

fer oolithique, sur lequel repose le calcaire blanc, considéré comme représentant ici le premier étage de l'oolithe. Ce calcaire forme, vers le centre du bassin, un plateau connu sous le nom de *causse maigre*. On peut observer dans les profondes vallées situées à la base de ce grand plateau, la tendance caractéristique de ce terrain à former des escarpements abruptes et des blocs columellaires d'un aspect ruinique.

Le calcaire oolithique est très-souvent fissuré et caverneux, ce qui explique à la fois l'aridité des plateaux calcaires et les nombreuses sources que l'on voit surgir dans les vallées environnantes, à la hauteur des marnes imperméables sur lesquelles il repose.

3° Le groupe le plus supérieur des formations jurassiques est en Aveyron l'oolithe moyen. Cet oolithe y est formé par des calcaires blanchâtres, dont l'étendue est extrêmement limitée.

Telles sont les principales roches sédimentaires qui composent le sol secondaire du centre de l'Aveyron. Pour terminer l'explication détaillée de nos coupes, il ne nous reste plus qu'à parler des roches d'éruption, ou des roches poussées par les effets de la chaleur centrale à travers les autres roches déjà déposées, dont elles ont plus ou moins dérangé la position ou changé la nature.

Ces roches, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, sont de trois ordres presque toujours constamment séparés. Ce sont en premier lieu, en commençant par celles qui ont le plus d'importance et d'étendue, les basaltes, et en second lieu les serpentines et les trapps.

Quant aux premières ou aux basaltes, elles constituent presque exclusivement le sol des contrées montagneuses de Laguiolle et d'Aubrac. Elles y forment des coulées quelquefois très-étendues sur les terrains primitifs. On les voit aussi surgir et former des monticules isolés, au milieu des terrains de sédiment, comme à Calmont, près d'Espalion, ou à Aubignac. Dans ce dernier lieu, les basaltes traversent toute la formation du lias et arrivent ainsi au jour.

Le terrain basaltique est du reste très-développé en Aveyron; on y trouve tous les produits qui caractérisent ces roches. Ainsi, tandis que les unes offrent une compacité remarquable, d'autres sont scoriformes, et d'autres enfin tout à fait meubles.

Les secondes roches d'éruption ou les serpentines forment, vers l'extrémité nord-ouest du bassin de l'Aveyron, plusieurs monticules remarquables par leur aspect nu et désolé. Les principaux gisements de cette roche sont aux environs de Najac, de Flanhas et de Firmi. Les couleurs de ces serpentines, le plus généralement verdâtres, passent, par des nuances à peine sensibles, au jaune et au brun.

Cette formation serpentineuse est des plus intéressantes par le grand nombre de substances minérales qu'elle contient, parmi lesquelles on remarque du fer oxydulé (aimant natif), du fer chromé, de l'actinote, du sulfure de cuivre et du cuivre bismuthifère. Les minerais que renferment les roches de serpentine s'y montrent presque toujours en filons. Du reste ces roches d'éruption comme celles qui constituent les terrains trapéens, dont nous avons encore à nous occuper, ne parviennent nulle part jusqu'au jour.

Ces derniers terrains ne constituent dans le centre du département de l'Aveyron que

des filons plus ou moins considérables et plus ou moins ramifiés, ainsi que des amas de roches vertes amphiboliques, lesquelles se montrent subordonnées aux terrains houillers. Ces roches trapéennes, aussi bien que celles des serpentines, sont assez souvent rapprochées des roches basaltiques, et les unes et les autres sont parfois traversées par des filons de ces dernières roches, ainsi que l'on peut en juger par les coupes que nous en donnons.

Tel est l'ensemble des formations qui composent le bassin central de l'Aveyron, dont nos coupes feront encore mieux saisir les rapports que nos descriptions, quelque exactes qu'elles puissent être. Ces coupes, qui parlent aux yeux, feront comprendre la disposition toute particulière des roches d'éruption, comparée à celle des formations en série régulière et uniforme. En y portant les regards, on juge aisément que les premières ont en profondeur ce que les secondes présentent en continuité, en étendue et en épaisseur. Elles offrent également des bifurcations et des ramifications que les secondes n'ont jamais; d'un côté on ne les voit jamais interrompues, dans les parties qui les composent, comme cela arrive fréquemment aux roches stratifiées régulières. Elles n'ont jamais du reste une disposition analogue à celle des roches sédimentaires, que lorsque ces roches d'éruption ont formé au-dessus de la surface du sol de puissantes et d'abondantes coulées, qui ont couvert de leurs dépôts de grandes étendues de terrain, comme le sont, par exemple, celles d'Aubrac et de Laguiolle.

Nous n'avons pas indiqué dans nos coupes les formations tertiaires, parce que ces formations ne se trouvent pas dans la partie du département auquel ces coupes se rapportent. Il en est à peu près de même des dépôts quaternaires et des dépôts diluviens, qui ne se montrent guère que dans quelques points des vallées les plus basses et les plus profondes.

Mais reprenons ces explications et voyons quelles sont les limites et la position du bassin secondaire du centre de l'Aveyron.

On sait que vers le centre de ce département se trouve un bassin secondaire allongé dans la direction Est-Ouest, entre les montagnes schisteuses du Levezou et les plateaux granitiques du bord du Lot. C'est à ce bassin que se rapportent nos coupes géologiques.

Les terrains houillers paraissent avoir été les premiers dépôts de sédiment de ce bassin, jusqu'à l'époque où se sont formés les autres systèmes sédimentaires; jusqu'alors toute cette contrée était restée constamment émergée.

Il paraît donc d'après ces faits, que pendant cette période les eaux qui, lors du dépôt des terrains de transition, recouvraient déjà la limite méridionale du canton de St-Afrique (où l'on voit des terrains de transition), ont envahi le bassin dans presque toute sa largeur.

La portion des divers bassins houillers sur les pourtours des formations sédimentaires et près des failles, l'analogie parfaite des roches qui constituent ces divers bassins, font supposer avec beaucoup de probabilité que les lambeaux de ce terrain qui se montrent au jour sur divers points des rives du Lot et de celles de l'Aveyron, doivent être considérés comme autant de points d'affleurement d'une vaste formation houillère, et non comme des bassins isolés.

FIGURE. I.

Éruption des roches trapéennes.

Le terrain houiller à peine formé a été soulevé et violemment contourné dans plusieurs points.

La commotion, suite de ce soulèvement, a dû être violente; car la contrée entière a été grandement exhaussée. Les eaux rassemblées au loin ont laissé les premiers sédiments à nu, pendant toute la période marquée par les dépôts des grès rouges, du zechstein et du calcaire conchylien (*muschelkalk.*)

A cette époque de soulèvement paraît se rapporter l'éruption des roches trapéennes, que l'on trouve intercalées dans le terrain houiller, soit aux environs de Flanhas, soit dans les petits bassins de la rive gauche de l'Aveyron.

Dépôts des grès bigarrés.

Dans le terrain houiller disloqué s'est déposée la formation des grès bigarrés, dont tous les caractères annoncent une grande agitation dans les eaux sous lesquelles ont eu lieu ces dépôts. Ces grès ont recouvert partout le terrain houiller, si ce n'est dans les points qui, par l'effet du soulèvement précédent, se trouvaient au-dessus du niveau des eaux, comme cela paraît avoir eu lieu aux environs de Firmi et à Bertholène.

FIGURE II.

Éruption des serpentines.

Les phénomènes de sédimentation ont été tout à coup interrompus par une commotion brusque, à laquelle paraît avoir succédé une longue période de tranquillité. Cette commotion a eu pour effet de briser les couches précédemment formées, et de changer à la fois le niveau des mers et la nature des dépôts. Ce mouvement du sol paraît avoir coïncidé avec la formation des monticules serpentineux qui se trouvent à la limite ouest et nord-ouest du bassin secondaire aux environs de Najac et de Firmi.

Dépôt des terrains jurassiques.

Les eaux agitées par le soulèvement que nous venons de signaler, ont délayé facilement

les couches supérieures des marnes irisées non encore consolidées; mais l'agitation devant bientôt cesser, les matériaux ainsi enlevés ont pu se déposer de nouveau et former de nouvelles couches entièrement semblables, quant à la nature de leurs éléments, aux derniers dépôts des grès bigarrés.

Aussi est-il difficile de marquer nettement la limite supérieure de cette dernière formation, partout où elle est recouverte par le terrain jurassique, à moins qu'il n'y ait discordance dans la stratification, ce qui a lieu dans un grand nombre de points. Le calcaire du Jura s'est élevé à une hauteur que n'avaient pu atteindre les dépôts précédents, et a recouvert des plateaux qui jusque alors étaient restés à nu, ainsi que plusieur points culminants du terrain houiller, au niveau desquels ne s'était point élevé le grès bigarré. La puissance de cette formation et ses caractères presque exclusivement chimiques annoncent une longue période de tranquillité.

FIGURE III.

Éruptions basaltiques.

Le bassin secondaire devait offrir, après le dépôt jurassique, l'aspect d'une vaste plaine calcaire, limitée de toutes parts par des montagnes primitives. Cet état de choses paraît avoir duré jusqu'à l'époque de l'éruption basaltique, que nous avons tout lieu de croire postérieure au terrain crétacé du mur de Barrès. Cette éruption a été accompagnée de nombreuses et violentes dislocations qui ont détruit l'horizontalité primitive du terrain jurassique, et l'ont divisé en une série de bandes parallèles dirigées de l'Est à l'Ouest, faiblement inclinées vers le Sud et se terminant vers le Nord par des escarpements ou des pentes très-rapides, dont la hauteur a dû atteindre, dans quelques points, plusieurs centaines de pieds.

FIGURE IV.

Grandes érosions.

L'apparition des basaltes paraît avoir précédé de peu de temps les grandes débâcles qui enlevèrent la majeure partie des terrains jurassiques, et la totalité des terrains crétacés (si toutefois la craie était déposée dans ce bassin où l'on n'en découvre aucune trace). Cette apparition n'a pu modifier puissamment la configuration générale et le relief de cette contrée.

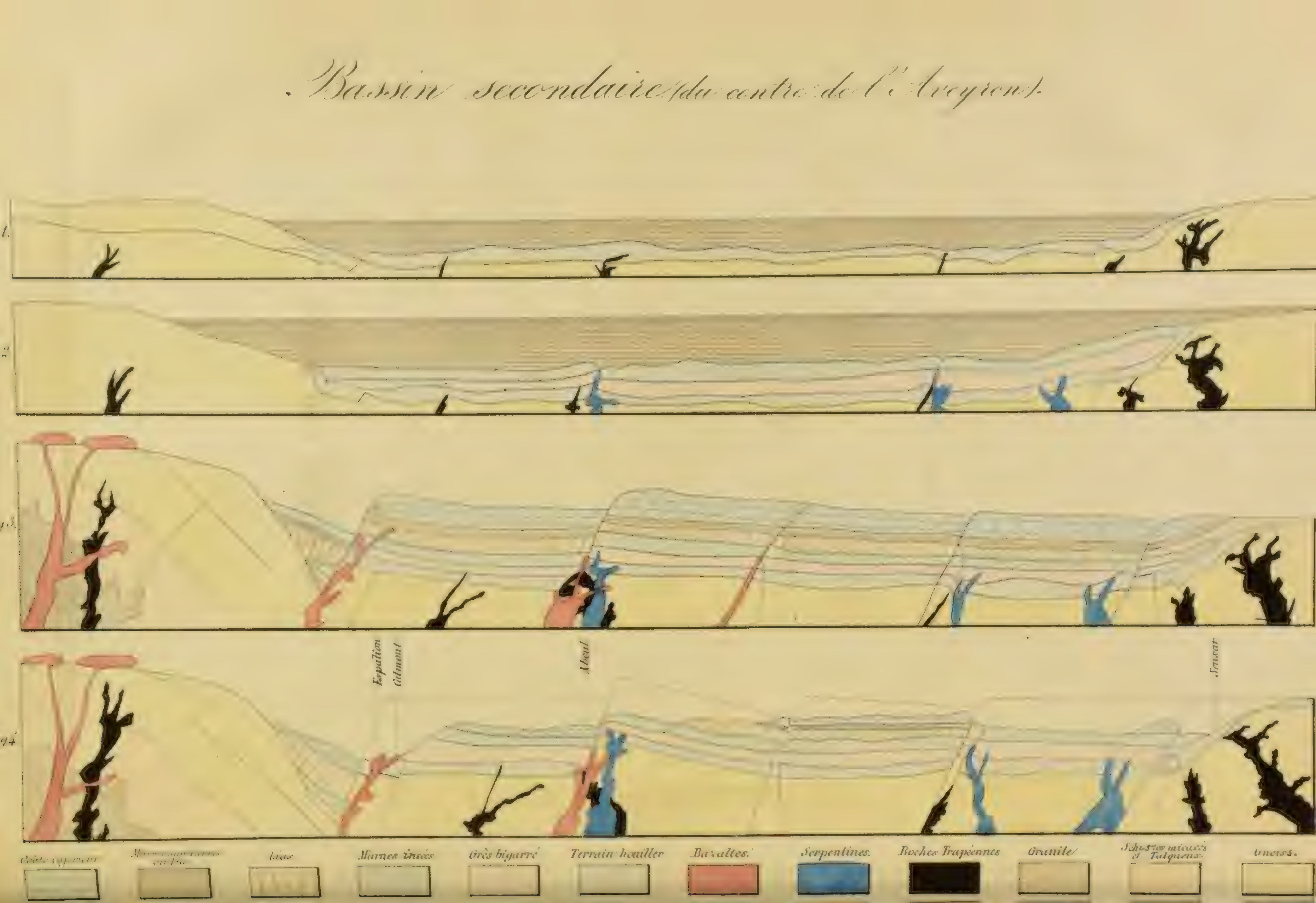
Le sol aveyronais a subi encore depuis cette époque d'autres changements, peut-être n'ont-ils pas exercé une moindre influence sur la surface extérieure du sol. Submergé, du

moins en partie, pendant la période tertiaire, sillonné par les courants diluviens, ébranlé par les secousses que devait rendre fréquentes le voisinage des volcans d'Auvergne; soumis enfin à l'influence de toutes les causes actuelles de dégradation, il aura acquis, par une suite de variations plus ou moins sensibles, la forme et le relief dont nos coupes donnent une bien imparfaite idée.

Avant de terminer ces observations, nous ferons observer qu'en 1843 et 1844, plusieurs aérolithes de dimensions assez considérables, sont tombés dans diverses localités de l'Aveyron. Nous avons sous les yeux des fragments de l'un de ces aérolithes, recueillis en juin 1843 dans les environs de Séverac-le-Château près Millau. Ses caractères extérieurs ont les plus grands rapports avec l'aérolithe tombé quelques années auparavant à Juvinas, dans le département de l'Ardèche. Tous deux sont revêtus d'une croûte noirâtre, luisante et frittée, qui paraît être le résultat d'une véritable fusion. L'intérieur, d'un aspect grisâtre, est parsemé de points brillants métalliques qui se rapportent au fer et au manganèse. L'un et l'autre de ces aérolithes sont formés de silice, de fer, de manganèse, auxquels s'associent la chaux, la magnésie, le soufre, le chrome, le cuivre et la potasse.

Quant aux pierres météoriques, dont la chute a eu lieu en Aveyron en 1844, comme nous n'en avons pas eu d'échantillons sous les yeux, nous renverrons ceux que ce sujet pourra intéresser au mémoire de M. Adolphe Boisse, qui a été inséré dans l'*Écho du monde savant* et les journaux de l'Aveyron.

TABLE DES MATIÈRES.


Bassin secondaire (du centre de l'Aveyron).
1.
2.
3.
4.
Espalion
Calmont
Abeul
Sausar
Lias
Marnes irisées
Grès bigarré
Terrain houiller
Basaltes.
Serpentines.
Roches Trapéennes
Granite
Schistes micacés et Talqueux.
Gneiss.



ÉTUDE ARCHÉOLOGIQUE,

ARCHITECTONOGRAPHIQUE ET ICONOGRAPHIQUE

SUR

L'ÉGLISE SOUTERRAINE D'ANDERLECHT LEZ-BRUXELLES;

PAR

M. Frédéric VAN DER RIT.

(Présenté à la séance de l'Académie le 5 juillet 1844.)

ÉTUDE ARCHÉOLOGIQUE

ARCHITECTONOGRAPHIQUE ET ICONOGRAPHIQUE

SUR

L'ÉGLISE SOUTERRAINE D'ANDERLECHT LEZ-BRUXELLES.

SOMMAIRE.

Introduction et coup d'œil sur l'église paroissiale. — La crypte, son aspect, description. — Autels, sarcophage de saint Guidon. — Anciennes portes d'entrée de la crypte; étude des localités contiguës; hauteur primitive du sol comparativement à la crypte; preuve que ce monument appartient au IXe siècle; comparaisons architectoniques; autres preuves par l'unité linéaire. — Du pied roman, ou unité romaine de la décadence de l'empire; cette mesure s'est conservée jusqu'à l'invasion des Normands. — Changement de la mesure après l'invasion, démontrée par des édifices des Xe et XIe siècles. — Raisons pour lesquelles la crypte d'Anderlecht date du règne de Charlemagne; conjecture sur sa consécration. — Tombeau de saint Guidon, du XIe siècle, ce même tombeau déplacé vers 1112; preuve de cet événement. — Rapport de la surface bâtie à la surface non bâtie. — Projet de restauration. — Objets déposés dans l'église souterraine. — Légende des planches qui accompagnent ce texte.

De tous les monuments anciens de la Belgique, il n'en est pas de plus curieux, pour l'histoire de l'art, que ceux de la période romane néo-romaine; leurs fondements ont résisté à tant de causes de destruction, que leur aspect inspire toujours une vénération profonde. En effet, les invasions désastreuses des Normands et autres barbares; les luttes meurtrières de la féodalité et, dans un âge plus récent, les guerres des souverains, les troubles de religion ou des restaurations maladroites, ont tour-à-tour ruiné les œuvres des générations

passées. Si tant de causes ont contribué à l'anéantissement des édifices d'architecture romane, il est juste que le petit nombre de ceux qui sont restés debout, deviennent un sujet d'étude, alors que la paix répand ses bienfaits sur les peuples et fait prospérer les sciences par des progrès constants.

Nous nous proposons ici de fixer l'attention des amis de l'histoire et des arts, sur la crypte souterraine de l'église de St-Pierre, placée au centre de la commune d'Anderlecht près de Bruxelles ; ce village, important par son étendue et sa population, a dû être habité à une époque très-reculée, si l'on considère que la fertilité du sol y est une source de prospérité ; les prairies environnantes, inondées par la Senne dans les premiers mois de l'année, sont engraissées par le limon de la rivière et fournissent naturellement les plus beaux pâturages que l'on puisse trouver près de la capitale. Du reste, il y avait autrefois à Anderlecht un chapitre que la tradition fait remonter à l'an 800.

Avant que d'entreprendre la description de l'église souterraine, il serait, croyons-nous, convenable de dire quelques mots de l'église supérieure ou paroissiale, rebâtie au XVe siècle. Ce monument, remarquable par ses formes majestueuses, par son caractère et par la richesse de son ornementation, présente un plan semblable à une croix latine, divisée en trois nefs par deux rangs de colonnes cylindriques dont les proportions sont bien modulées. On remarque que le bas côté droit seulement est bordé de chapelles.

Tout l'édifice, à l'exception de quelques fenêtres et de la tour, appartient au style rayonnant [1] ; cette dernière, placée en tête de la nef principale, est décorée de nombreux pinacles et d'autres ornements flamboyants, parmi lesquels il y en est qui se font distinguer par leur forme, assez semblable à des cœurs renversés ; ils ont cela de particulier, qu'on les remarque assez souvent aux édifices de la troisième époque ogivale. Le plan de la tour est de forme carrée, et son élévation, que nous regrettons de ne pouvoir préciser, assez con-

[1] De transition, entre le secondaire et le tertiaire.

sidérable ; une balustrade taillée à jour, et présentant des quatre-feuilles encadrés, lui sert de couronnement ; cette tour n'a pas été achevée. Le chœur, sans collatéraux, est orné de belles fenêtres flamboyantes, dans lesquelles on remarque des fragments de vitraux d'une exécution et d'un coloris parfaits.

Sous ce chœur se trouve la crypte dont nous allons essayer de faire ressortir l'importance sous le rapport historique de l'art : pour y arriver, on traverse la sacristie ; dans une salle contiguë à celle-ci se trouve une trappe contre laquelle vient s'adapter une échelle presque verticale. Parvenu au bas des marches, on se trouve tout à coup plongé dans d'épaisses ténèbres ; mais bientôt des masses confuses se présentent aux regards, éclairées par quelques pâles rayons qui pénètrent dans le souterrain par des lucarnes étroites, profondes et presque comblées de décombres. Le silence le plus complet règne dans ce temple mystérieux. L'âme s'y anime d'un saint respect à la vue d'un imposant désordre. Les yeux se portent successivement sur des statues mutilées, des tombeaux couverts de poussière, des autels nus et abandonnés : l'aspect de ces masses noires et humides, faiblement rehaussées par la pénombre, ajoute quelque chose de solennel et de lugubre à la solitude de ce lieu.

Saisi d'émotion, nous avons mesuré dans leurs moindres détails les proportions de ce temple antique. Que de faits nouveaux nous a révélés ce travail ! L'opinion commune fait remonter la construction de la crypte d'Anderlecht au commencement du XIIe siècle, mais cette date nous a paru inconciliable avec les données que nous possédons sur la marche générale de l'art. En étudiant successivement les édifices élevés durant les XIe et Xe siècles, il nous a paru également impossible de faire dater le monument qui nous occupe du premier âge de la féodalité. Il a donc fallu reculer encore : la véritable époque de sa construction c'est le commencement du IXe siècle, le règne mémorable de Charlemagne. Il y eut alors dans les arts une renaissance, dont la durée ne fut malheureusement que momentanée, de même que le mouvement progressif que ce prince avait imprimé à la civilisation.

Le plan de la crypte est régulier; les membres architectoniques qui composent son ensemble, symétriquement disposés, en font une masse qui plaît à l'œil (voir planche 1re); elle est divisée en cinq nefs par deux rangs de colonnes cylindriques et deux rangs de gros pilastres carrés dont les faces portent une colonne engagée, arrangement dont l'effet perspectif paraît avoir été calculé par l'architecte qui éleva cet édifice; car on croit y voir un lointain qui réellement n'existe pas. Cette illusion s'accroît encore lorsque la lueur de plusieurs torches y produit des ombres qui se projettent en sens divers sur les murs, sur le sol et jusque sur les voûtes. La nef centrale est plus large que ses collatéraux; de même les nefs extrêmes sont plus étroites que ces derniers. Dans le sens longitudinal, la nef du milieu est divisée en quatre travées par trois colonnes isolées et deux colonnes engagées, dont une à chaque extrémité; les nefs latérales ont une division semblable, mais elles sont irrégulières à l'abside qui est polygonale. Les nefs extrêmes n'ont que deux travées; l'emplacement correspondant à la troisième travée est séparée par un gros mur et forme de chaque côté une petite pièce, là où plus tard on éleva les transepts dans les édifices religieux. L'épaisseur des murs composant le périmètre extérieur de la crypte est de $2^{m},95$ centimètres.

Vingt-quatre colonnes supportent les voûtes d'arête, six colonnes seulement sont isolées; les dix-huit autres sont engagées dans les piliers carrés ou dans les murs. Deux consoles, dont une de chaque côté des petites nefs extrêmes, reçoivent la retombée des cintres.

Les vestiges de l'autel principal sont encore très-visibles; il était placé dans le fond de la crypte, à la partie sexagonale ou abside, dans l'axe de la nef du centre et à quelques pieds du mur. Aux deux côtés du polygone, c'est-à-dire à droite et à gauche de l'autel, on remarque encore des bancs en pierre où les chanoines faisaient jadis leurs offices. Les autels latéraux, au nombre de deux et appuyés contre la muraille, subsistent en entier; ils sont en pierre d'une construction rustique avec un relèvement, indice certain d'une antiquité très-reculée [1]; leur

[1] Martène et Durand, *Voyage littéraire, etc.*, tom. II, p. 210, en parlant de l'autel de la crypte

emplacement est ménagé de manière que les fidèles qui se trouvaient dans un collatéral eussent l'autel en face oblique; cette combinaison était nécessaire pour maintenir une libre circulation entre ces nefs et l'abside. A côté des autels latéraux se trouvent les petites pièces dont nous avons déjà parlé; elles offrent chacune une surface d'environ six mètres carrés. On présume que l'une a servi de baptistère et que l'autre était la sacristie.

Entre la première et la seconde colonne détachée à droite, se trouve un sarcophage qui, selon la tradition, est le tombeau de saint Guidon, et qui daterait conséquemment du XIe siècle, puisque ce saint est mort en 1012 [1].

La longueur de ce monument funéraire est de 2 mètres 13 centimètres sur une hauteur de 0^m,90 centimètres, et une largeur de 0^m,98 centimètres; la partie supérieure fait saillie de tous les côtés. Le soubassement a une hauteur de 0^m,60 centimètres, et la partie saillante de 0^m,30 centimètres. Ce tombeau offre comme chose remarquable, une ouverture laissée dans le sens transversal; elle mesure 0^m,77 centimètres de hauteur sur 0^m,33 centimètres de largeur; les pierres en sont tellement usées vers le haut, qu'il devient absolument impossible de

de sainte Marie et de saint Ursmer à Lobbes, disent qu'ils y ont vu un autel de carreaux cimentés, qui n'avait pas de table de pierre; ils ajoutent que c'est un indice qui prouve son antiquité : les autels de la crypte d'Anderlecht sont pareils à celui-là.

[1] Ant^i Sanderi, *Presbyt. chronograph. sac. Brabantiae*, etc. LACA PARTHENIA ILLUSTRATA, § IV, p. 6. Selon Molanus et Baronius, saint Guidon serait mort en 1112; mais l'opinion la plus accréditée fixe la date de sa mort en 1012: c'est aussi celle qu'ont adoptée presque tous les auteurs modernes. La meilleure preuve que l'on puisse donner pour combattre la première de ces opinions, c'est que le corps de saint Guidon fut élevé vers 1082, par Gérard II, évêque de Cambrai; quant à la date 1012, elle a pour s'étayer d'anciens manuscrits cités par Sanderus et les Bollandistes, et qui font de saint Guidon un contemporain de la comtesse de Louvain, Gerberge.

D'ailleurs, s'il eût vécu du temps des croisades, la légende de sa vie dirait quelques mots des exploits des conquérants de la Terre-Sainte, d'autant plus que ce sont probablement ses voyages dans ce pays qui lui ont valu en partie sa réputation; plus tard, les pèlerinages au tombeau du Christ devinrent très-communs, et par conséquent ne valurent plus de renommée à ceux qui les entreprirent.

Le 24 juin 1112, saint Guidon fut élevé une deuxième fois par l'évêque Ode; le jour de sa mort est le 12 septembre.

douter un instant que jadis les pèlerins n'aient passé en rampant par cette ouverture [1]. La dalle en pierre bleue, qui est la pierre tumulaire, est luisante comme le marbre et très-polie à la partie inférieure malgré le nombre d'années qui se sont écoulées depuis que les pèlerins n'y ont plus passé. Elle représente une figure que je n'ai pu distinguer, parce qu'elle était recouverte d'un grand nombre de statues en pierre.

Les anciennes portes d'entrée de la crypte [2], au nombre de deux, étaient disposées au pied des petites nefs extrêmes : c'est ce qui me porte à croire que cette chapelle a été l'église paroissiale primitive, lors de la première association de clercs qui, selon la tradition, y vivaient en commun [3].

[1] C'est aussi l'opinion de M. Roelandts, architecte de la ville de Gand, et membre de la commission des monuments. Une coutume qui existe encore de nos jours vient appuyer cette pensée, et semble rappeler l'ancien usage que nous venons de signaler : le jour anniversaire de la mort de saint Guidon, un nombre prodigieux de pèlerins des communes voisines se rend à l'église, et après la messe ils entrent dans le chœur, passent derrière le maître-autel pour toucher le manteau de l'image du saint qui y est exposée. Jusqu'ici personne ne s'était rendu compte de cette coutume. Un habitant de la commune me racontait un jour, qu'anciennement un curé avait voulu abolir cet usage, mais que les paysans avaient passé outre malgré la défense, et que depuis il s'est conservé. Un fait traditionnel de cette nature a besoin d'éclaircissement; il nous montre combien l'église d'Occident sait conserver ses pratiques religieuses dont plusieurs paraissent superstitieuses de prime-abord et qui réellement cachent un sens profond. Voilà ce que nous disions lorsque notre travail a été remis à l'académie; depuis nous avons trouvé dans la légende de saint Guidon, écrite au XIIe siècle, le passage suivant, qui justifie pleinement cette opinion : « *Post multum igitur temporis dum beati viri corpus in tali jacet humatum loco* (dans le cimetière), *a nullo ei debita exibebatur reverentia, quia non solum aliunde advenientes, verum et habitatores loci* IBANT PER MEDIUM SEPULCRI. (ACTA SANCTORUM, tome IV; sept.)

La manie qu'avaient et qu'ont encore les chrétiens des Gaules, de passer sous les tombeaux des personnes vénérées par la religion, paraît tirer son origine des autels druidiques, sur lesquels les premiers apôtres célébraient la messe, et dont la forme ne peut mieux être comparée qu'au tombeau de saint Guidon. Voici un passage de l'excellent livre de M. Dominique Branche, qui ne viendra pas, croyons-nous, hors de propos : (l'auteur parle des habitants de la Basse-Auvergne) « Toutefois le souvenir du culte druidique y semblait l'emporter sur celui du polythéisme romain; car c'était autour des *Menhirs* ou *Dolmens*, que ces populations sauvages solennisaient la manifestation de leur pensée religieuse. Pour elles ces monuments restèrent toujours sacrés, et si bien que plus tard les moines, ne pouvant venir au bout de les détruire, prirent le parti de les approprier au christianisme et à leur monastère. » L'*Auvergne au moyen âge*, vol. Ier, pag. 103-104.

[2] Actuellement elles sont bouchées; elles étaient de plein pied avec le pavement de l'église souterraine.

[3] L'existence du chapitre au commencement du XIe siècle est à l'abri du doute; suivant quel-

Nous reconnaissons que l'architecte avait proportionné les murs de la crypte suivant l'importance de l'édifice auquel ils devaient servir de fondement. L'usage de munir les églises d'un lieu mystérieux, sous l'abside du chœur, était empreint de ce symbolisme profond, que l'Église d'Occident a su conserver à l'état traditionnel jusque vers le XII[e] siècle. Les souvenirs des catacombes, des persécutions et du triomphe du christianisme sur le paganisme romain s'y rattachaient. Tout en étant conforme au type usuel des églises du temps, le monument qui nous occupe permet cependant de supposer qu'avant l'édification du temple supérieur, il a remplacé ce dernier pour le service du culte. Plusieurs raisons nous autorisent à faire cette hypothèse, c'est par l'étude du terrain que nous allons en essayer la démonstration.

Près de la crypte, le terrain naturel se trouve à une profondeur de un mètre soixante-cinq centimètres environ; or, le pavement de celle-ci est enterré par un remblai évidemment postérieur d'une hauteur répondant également à 1^{m},65 c.; c'est donc une preuve incontestable que, dans le principe, le pavement a été établi à fleur de terre.

En deuxième lieu, les entrées actuellement bouchées dont il a déjà été fait mention, ont une hauteur d'environ 2^{m},50 c.; elles ne permettent guère de douter un instant que la communication avec l'extérieur a existé. Dans le cas contraire, ces entrées devenaient inutiles.

Ensuite, nous ferons observer que le plan semble démontrer jusqu'à quel point s'est étendue la mission de l'architecte : son œuvre régulière groupée avec symétrie, prouve qu'une laborieuse étude a dû présider à la disposition et à la distribution des éléments architectoniques. Pourquoi l'artiste aurait-il négligé l'emplacement de l'escalier de communication entre le temple et la partie souterraine? Si sa mission était de construire l'édifice en entier, certes il n'aurait pas oublié un accessoire essentiel, dont l'usage appartenait non-seulement au clergé, mais encore aux fidèles, et dont la disposition nécessite toujours une étude approfondie [1].

ques auteurs, sa fondation remonterait à l'an 800. D'autres la mettent à l'an 912, mais ni les uns ni les autres en fournissent des preuves de ce qu'ils avancent.

[1] Assurément personne n'osera prétendre qu'il y avait intention, dès le principe, d'établir un es-

Enfin, un simple coup d'œil sur les localités contiguës à l'église, confirme pleinement notre conjecture, en ce sens, que la voie pavée d'Anderlecht à Bruxelles a une pente jusqu'à la chaussée de France; le petit chemin qui conduit vers la maison communale est 1^{m},50 c. plus bas que le pavement de la crypte; celui qui conduit au puits de saint Guidon a une pente très-forte; le quatrième chemin à côté de la campagne de M. Hoorickx, descend également, et le cinquième, au coin du cabaret dit le Pavillon d'Anvers, est le seul qui monte pour redescendre rapidement; mais cette montée provient de l'excavation que nécessitait l'établissement des caves aux maisons longeant cette voie. Pour les maisons de l'esplanade en face de l'église, on a employé, par économie sans doute, le même système d'exhaussement.

Quant au cimetière lui-même, il doit son exhaussement aux fondations que l'on a été obligé de faire lors de la construction de la belle église ogivale au XVe siècle, et peut-être aussi à un remblai forcé que l'on aura jugé convenable de faire pour en régulariser les abords. Cela paraît d'autant plus se manifester que la voie publique vers le Nord et les jardins vers l'Est, qui longent le cimetière, sont plus bas que ce dernier de 1^{m},50 c. environ.

Il résulte donc de nos observations que la crypte a été établie primitivement au niveau du terrain naturel; cette particularité, comme l'a fort bien fait remarquer un savant magistrat, M. Hoorickx, bourgmestre de la commune d'Anderlecht, n'a pu avoir lieu qu'avec intention et pour plusieurs motifs, parmi lesquels on distingue la préoccupation de l'avenir et la jouissance immédiate du présent. La préoccupation de l'avenir se trouve démontrée par l'énorme épaisseur des murs, ce qui implique évidemment qu'un autre édifice devait s'élever sur le premier. La jouissance immédiate du présent a été un motif non-seule-

calier en bois, car alors on eût laissé sans voûte une partie de l'édifice. Une construction aussi solide fait supposer que des marches en pierre étaient seules convenables; nous n'en avons remarqué aucune trace. Pour établir l'escalier actuel on a fait une trouée dans le champ de la voûte du collatéral extrême à gauche. Il paraît qu'anciennement il y avait un escalier derrière l'autel du transepts droit; cet emplacement qui n'est pas mieux trouvé que l'autre, prouve que cet accessoire a été négligé par le constructeur.

ment de disposer la crypte de manière à en rendre l'accès facile pendant la continuation du temple supérieur, mais encore un stimulant qui contribua à faire employer un style architectural soigné, afin que ce lieu fût un véritable temple.

Il nous reste à prouver l'époque à laquelle remonte la construction de la crypte. Nous avons adopté la voie de comparaison avec d'autres édifices comme étant le moyen le plus sûr pour y parvenir. On verra dans ce qui va suivre que les détails ou les proportions du monument qui nous occupe, tiennent un milieu moyen entre les exemples qui nous servent de guides et en même temps de parallèles.

Nous croyons avoir déjà dit, que la crypte d'Anderlecht doit remontrer au commencement du IXe siècle, que l'architecture en usage aux Xe, XIe et XII siècles n'est pas en rapport avec son style. Du reste, si elle avait été construite dans le courant de ces trois derniers siècles, on y trouverait :

1° Des tores ou d'autres moulures aux archivoltes des cintres (église de Ste-Croix à Liége, fin du Xe siècle ; — St-Vincent à Soignies, Xe siècle ; — St-Barthélemy à Liége, fin du Xe et commencement du XIe siècle ; — Ste-Gudule à Bruxelles, partie romane du chœur, XIIe siècle ; — Notre-Dame de la Chapelle à Bruxelles, XIIe siècle ; — abbaye d'Orval, Luxembourg, XIIe siècle, etc.) ; tandis que les archivoltes de la crypte d'Anderlecht sont simples à vive arête, et que tantôt elles s'abaissent en dos d'âne, et tantôt se relèvent pour former un beau plein cintre, selon l'espace de l'entre-colonnement. (Crypte de Saint-Ursmer et de Sainte-Marie à l'église paroissiale de Lobbes, VIIe siècle. — Crypte de St-Bavon à Gand, commencement du Xe siècle.)

2° Des bases moins hautes aux colonnes, et dans une proportion avec le diamètre que l'on peut traduire ainsi :

$$\text{Diamètre : Base} = 1 : \tfrac{1}{2},$$

(abbaye d'Afflighem, restes de l'église primitive, fin de XIe siècle. — partie romane de Ste-Gudule à Bruxelles, XIIe siècle ; — cloître de Tongres, fin du Xe siècle ; — cloître de Ste-Gertrude à Nivelles, premier tiers du XIe siècle, etc.) ; tandis que la hauteur de la base com-

parée au diamètre de la colonne de la crypte d'Anderlecht dénote une plus grande antiquité. Cette proportion se réduit ainsi :

Diamètre : Base = 1 : 1,325

ou

$0^{m}40 : 0^{m}53 = 1 : 1\,\frac{13}{40}$

(crypte de St-Bavon à Gand, consacrée en 941 ; la proportion égale D : B = 1 : 1).

3° Des proportions plus élevées aux colonnes, et calculées d'après le rapport du diamètre : ce rapport varie de 7 à 10 pour les édifices postérieurs au premier tiers du Xe siècle : cloître de Tongres, fin du Xe siècle, le diamètre est à la hauteur de la colonne comme 1 : 9 ½. St-Vincent à Soignies, Xe siècle, D : H :: 1 à 10 et 12 [1]; — cloître de Ste-Gertrude à Nivelles, premier tiers du XIe siècle, proportion D : H = 1 : 9 ½;—Notre-Dame de la Chapelle à Bruxelles, première moitié du XIIe siècle, D : H = 1 : 10; — église de St-Nicolas en Glain près de Liége, colonnades des fenêtres extérieures, XIIe siècle, D : H = 1 : 8; tandis que le diamètre du fût comparé à la hauteur des colonnes de la crypte d'Anderlecht, se réduit pour les colonnes près de l'autel à cette proportion :

Diamèt. : Hauteur = 1 : 4 et $\frac{16}{27}$

ou

$0^{m}54^{c} : 2^{m}48^{c} = 1 : 4\,\frac{16}{27}$,

et pour les colonnes des nefs le rapport équivaut :

Diamèt. : Hauteur = 1 : 6 ⅕

ou

$0{,}40^{c} : 2^{m}48^{c} = 1 : 6,\ \frac{20}{100}$

(crypte de St-Ursmer à Lobbes, VIIe siècle, D : H = 1 : 2 ½ environ ; — la crypte de St-Bavon à Gand, D : H = 1 : 6 ½, etc.) [2].

[1] Les petites colonnes de la nef, sous le triforium, ainsi que celles qui sont adossés contre les piliers carrés, font exception à la règle commune. Dans un prochain travail que nous aurons l'honneur de soumettre à l'académie, nous démontrerons pourquoi cette déviation a eu lieu et pourquoi le style de l'église de Soignies est unique dans son genre architectural, qui n'est pas d'origine romaine.

[2] Presque tous les monuments antérieurs au Xe siècle, et qui ont des colonnes cylindriques,

4° De nombreuses colonnes, soit accouplées, soit superposées, distinguent les églises depuis la deuxième moitié du Xe siècle; au XIe siècle elles prennent des proportions plus gigantesque (cloître de Tongres, Xe siècle; — Ste-Croix à Liége, Xe siècle; — église de St-Vincent à Soignies, pilastres de la grande nef, premier tiers du XIe siècle; — cloître de Ste-Gertrude à Nivelles, XIe siècle; — église de l'abbaye d'Orval, commencement du XIIe siècle; — chœur de l'église de Notre-Dame de la Chapelle à Bruxelles, premier tiers du XIIe siècle); tandis que la crypte, par sa simplicité, est parfaitement en harmonie avec les édifices antérieurs à la deuxième moitié du Xe siècle (crypte de St-Ursmer à l'église paroissiale de Lobbes, VIIe siècle; St-Bavon à Gand, Xe siècle).

5° Des moulures horizontales à la base ou bien à l'arête terminale supérieure des gros piliers carrés (St-Vincent à Soignies, Xe siècle; — église d'Auderghem, XIe siècle (base); — St-Nicolas à Bruxelles, XIe siècle; — Notre-Dame de la Chapelle à Bruxelles, XIIe siècle (pieds-droits de la tour du croisillon, etc.); tandis que les gros piliers qui séparent les collatéraux des nefs extrêmes de la crypte, sont arêtés sans moulures; (crypte de St-Ursmer à Lobbes, VIIe siècle; — St-Bavon à Gand, commencement du Xe siècle, etc.).

6° Depuis le Xe jusqu'au XIIe siècle la hauteur des piliers carrés, comparativement à leur largeur, varie de $2\frac{3}{4}$ à 8. La proportion suivante représente ce rapport, qui est progressif pour chaque siècle intermédiaire, suivant la marche de l'art :

$$L : H = 1 : 2\tfrac{3}{4} \text{ ou } = < 1 : 8$$

(église de St-Vincent à Soignies, Xe siècle; — église d'Auderghem, XIe siècle; — Ste-Gertrude à Nivelles, XIe siècle; — église de St-Piat

restent au-dessous de cette proportion : D : H = 1 : 7, c'est-à-dire que la hauteur de la colonne n'égale pas toujours sept fois le diamètre; tandis que les édifices postérieurs à la première moitié du Xe siècle ont des rapports plus élevés, qui se rapprochent des proportions classiques des ordres grecs et romains; ainsi les colonnes pseudo-corinthiennes sont ordinairement dans le même rapport que l'ordre classique, c'est-à-dire que le D : H = 1 : 9 ½ et varie = 1 : 10. C'est ce que le corinthien et le composite exigent dans l'architecture grecque et romaine.

et celle de St-Brice à Tournay, XIe siècle (?); — Notre-Dame de la Chapelle à Bruxelles, pilastre de l'ancienne tour au croisillon, XIIe siècle, etc.); tandis que la crypte d'Anderlecht reste au-dessous de ce rapport, qui se traduit par la proportion suivante :

$$L : H = 1 : 2$$

(St-Ursmer à Lobbes, VIIe siècle, L : H = 1 : 2; — St-Bavon à Gand, Xe siècle, L : H = 1 : 2 $\frac{1}{4}$).

Il nous resterait encore à invoquer plusieurs autres preuves, telles que les chapitaux pseudo-corinthiens du Xe siècle ou les chapiteaux romans sans astragale ou sans base. Les boudins bordant les montants des fenêtres, ainsi que les archivoltes à simple tore du Xe siècle, ou ornés de cannelures au XIe; les proportions des fenêtres; les nervures des voûtes, etc., etc., que l'on trouve dans presque tous les monuments postérieurs au milieu du Xe siècle, et que cependant on ne remarque nullement dans la crypte de l'église d'Anderlecht; les colonnes sont rustiques et les chapiteaux semblent viser à l'ordre toscan, tandis que la base est attique, mais fortement dégénérée. Les chapiteaux des colonnes à petit diamètre se composent d'un tailloir octogonal au couronnement; son emploi est tout à fait digne de remarque, parce que les parties saillantes sont au milieu de la face de la colonne [1]. Au-dessous du tailloir viennent successivement : un quart de rond ou grand cavet; un tore qu'un deuxième cavet rejoint à la gorgerine ou colarin; là, un deuxième tore qui sert d'astragale sépare le chapiteau du fût. Ce dernier a 1m,44 c. de hauteur et 0m,40 c. de diamètre. Puis vient la base, qui se compose d'un tore, d'une scotie qui sépare le premier du deuxième tore; ce dernier tore repose sur le socle. Ces bases ont une certaine analogie avec celles de la crypte de St-Bavon à Gand.

Les chapiteaux des colonnes à gros diamètre, qui se trouvent aux

[1] Nous ne connaissons que ce seul exemple qui présente une telle particularité; c'est le tailloir corinthien placé en sens contraire, c'est-à-dire diagonalement.

autels latéraux et en face de l'autel principal, se composent d'un couronnement circulaire qu'un cavet réunit au fût; ce dernier a une hauteur de deux mètres moins cinq millimètres ($1^{m},995^{mm}$), et son diamètre est de $0^{m},54$ c.; cette colonne n'a pour base qu'un socle carré de $0^{m},22$ c. de hauteur sur $0^{m},59$ c. de longueur de chaque côté.

Il résulterait donc de nos observations que l'église souterraine d'Anderlecht doit remonter au IXe siècle; l'analyse de ses membres architectoniques et son caractère, comparés à ceux des édifices antérieurs, contemporains et postérieurs, confirment notre pensée. Si nous étions obligé de nous contenter de ces déductions, nous pourrions admettre cette date déjà reconnue par la tradition; mais pour ne plus laisser aucun doute, nous allons suivre une autre marche, qui, nous osons l'espérer, démontrera d'une manière irrécusable que la construction de la crypte d'Anderlecht doit remonter au temps de Charlemagne. Elle sera, si l'on entre dans nos idées, le monument le plus ancien qui existe encore en Brabant; elle fournira, en outre, une preuve irrécusable que la Belgique possédait, au temps de Charlemagne, des artistes plus habiles que ceux des temps mérovingiens ou que ceux des premiers temps de la féodalité; c'est par la recherche des *unités linéaires historiques* que nous allons procéder. Voici les dimensions de la crypte:

La largeur de l'édifice entre les deux murs extrêmes est de $14^{m},68$ c. [1]; la longueur, ou si l'on veut la profondeur totale est de 12,16; la largeur de la nef centrale mesurée d'axe en axe et transversalement, de $2^{m},95$; le mesurage des entre-axes, ou entre-colonnements de cette même nef, mais dans le sens longitudinal, produit les cotes suivantes :

1° Abside, du mur aux colonnes . . . . $=3^{m},60^{c}$;
2° Deuxième entre-colonnement passé l'abside. . . . . $=3^{m},01^{c}$;
3° Entre-colonnement en face du tombeau. . . . . $=2^{m},95^{c}$;
4° Dernier entre-colonnement vers l'Occident $= 2^{m},65^{c}$. A cette mesure il faut ajouter la retraite, qui est de $0^{m},30^{c}$. . . . . . $=2^{m},95^{c}$.

[1] On doit tenir compte également de la couche de badigeon qui a une épaisseur de $0^{m},035^{mm}$ de chaque côté $= 0^{m},07 + 14^{m},68 = 14^{m},75$.

Enfin, en continuant à calculer dans le sens transversal, on trouve : pour la nef latérale $2^m,525^{mm} + 0^m,425$ jusqu'au fût de la colonne adossée au milieu du pilastre carré, soit $2^m,95$; et pour la nef extrême $2^m,05$ plus un centimètre et demi pour le plâtrage moderne, soit $2^m,065$.

Si maintenant, pour arriver à la mesure typique, nous examinons les socles des colonnes, qui sont, pour ainsi dire, un point de repère pour retrouver cette mesure primitive, nous arriverons à constater que cette dimension est répétée dans toutes les parties de l'édifice avec une telle régularité, qu'il serait difficile d'en méconnaître le principe. La longueur de chacune des faces des socles est de $0^m,59$, ce qui équivaut à deux pieds de $0^m,295^{mm}$.

En appliquant cette unité aux cotes mesurées en mètres, le fait suivant en résultera :

La largeur totale de l'édifice est précisément	de 50 pieds;
La longueur, prise de l'Orient à l'Occident	de 41 » [1];
La largeur de la nef centrale, prise d'axe en axe	de 10 »

Cette même nef, dans le sens longitudinal, donne :

1° Abside : du mur aux colonnes	12 pieds $\frac{13}{59}$	} [2];
2° Entre-colonnement, passé l'abside	10 » $\frac{13}{59}$	
3° Entre-colonnement, en face du tombeau	10 »	
4° Dernier entre-colonnement, vers l'Occident	10 »	

Nous pourrions également retrouver le pied type dans les détails architectoniques; par exemple, le tailloir des chapiteaux a $0^m,115$ plus $0^m,18$ pour les moulures jusqu'à la gorgerine; ce qui nous donne un total de 0,295 ou un pied.

[1] Soit $\frac{12 \cdot 16}{41} = 0^m,2953$; cette mesure est la moins heureuse, une minime différence de trois 10,000es se fait remarquer à chaque pied.

[2]

Soit :	$3^m,60^c$ ou 12 pieds $\frac{13}{59}$	distance de l'abside.
Id. :	$3^m,01$ ou 10 pieds $\frac{13}{59}$	distance du 1er entre-colonnement.
Différence	$0^m,59$ ou 2 pieds.	

Ce pied de $0^{m},295^{mm}$ dont s'est servi l'architecte, n'est autre que le pied romain de la décadence de l'empire, mesure typique de tous les édifices antérieurs à l'invasion des Normands. Ce fait, nous le croyons hors de doute, en nous basant sur des observations faites sur d'autres monuments. Nous pouvons d'ailleurs invoquer pour le défendre, la dissertation sur l'âge de l'église de Notre-Dame de Tournay [1].

Au XI[e] siècle la mesure avait changé; le pied dont on se servit depuis lors avait une valeur métrique de $0^{m},275^{mm}$, dimension conservée dans le pied de Brabant.

Pour preuve, nous citerons un édifice dont l'examen est bien facile, car il se trouve pour ainsi dire aux portes de Bruxelles : nous voulons parler de l'église de Watermael [2] (près de Boitsfort), qui est disposée de la manière suivante :

Le plan conserve la forme de la basilique romaine; les nefs, au nombre de trois [3], sont partagées par six piliers carrés, dont trois de chaque côté. Quatre autres piliers beaucoup plus gros que ces derniers, ayant $2^{m},20$ de face, formaient l'abside, qui, probablement, était terminée par un mur plat ; la voûte qui repose sur ces piliers, étant plus basse que la grande nef, donne lieu à cette supposition.

Les piliers carrés qui partagent les nefs sont trapus, la largeur de chacune de leurs faces, comparée à leur hauteur, est dans cette proportion :

$$L : H = 1 : 3\,{}^{1}/_{8}.$$

[1] M. B.-C. Dumortier. *Bull. de l'acad. roy. des scien. et belles-lettres de Brux.*, tom. VIII, p. 473. Cependant, cet édifice renferme *deux unités* différentes : dans le plan on trouve l'unité romaine et dans l'élévation l'unité de Byzance; ce qui prouve que d'autres constructions ont été élevées sur les antiques fondements de la basilique primitive.

[2] Nous choisissons de préférence cette église pour exemple, parce que nous croyons qu'elle est la plus ancienne du Brabant après la crypte d'Anderlecht. Nous avons également mesuré la petite église d'Auderghem, qui date du XII[e] siècle, ainsi que la nef et les collatéraux de l'église de Saint-Nicolas à Bruxelles; ce dernier temple paraît remonter à la fin du XI[e] siècle, et la tour au premier tiers du XII[e] siècle. (Le dessin de cette tour est reproduit dans l'excellente *Histoire de Bruxelles* de MM. Wauters et Henne.)

[3] Nous avons constamment remarqué dans les églises primordiales, dans les temples de style néo-romain et dans ceux de la période romane pré-byzantine, ce nombre mystique trois, adopté pour la division des travées des nefs. Peut-être était-ce une coutume? il serait bon de faire quelques observations à ce sujet dans d'autres localités.

La nef centrale peu élevée était anciennement couverte par un plafond en bois, sur lequel on a appliqué un autre plafonnage récent. Sa largeur est double à celle des nefs latérales. Chacune des travées est percée supérieurement par une fenêtre très-petite, ou plutôt par une lucarne, plus large à l'intérieur qu'à l'extérieur et périmétriquement.

Les murs extrêmes ne sont pas percés de fenêtres, d'où il résulte que les collatéraux sont très-obscurs, n'étant éclairés que par le reflet de la lumière des lucarnes de la nef principale.

La tour, bâtie sur un plan carré, plus large en bas qu'en haut, fait avant-corps sur la façade, au milieu de laquelle elle se trouve. La face occidentale est percée d'une porte, au devant de laquelle on a appliqué des ornements et des moulures de l'époque de la renaissance. Le bas de la tour sert de porche. Un toit à pans obtus surmonte cette masse carrée, qui est percée au-dessous de la saillie de la corniche par quatre petites fenêtres, dont deux sont à plein cintre et deux autres, postérieures aux premières, sont en ogive.

Les formes austères de cette construction, jointes à ses caractères architectoniques, ne permettent pas de lui assigner une époque plus récente que la première moitié du XIe siècle; voici les cotes que nous y avons trouvées:

1° Largeur des piliers de l'abside	$2^{m},20$	ou	8	pieds [1];
2° Largeur des piliers des nefs (face)	$0^{m},90$	ou	3	» 3 pouces;
3° Distance qui sépare chaque pilier	$2^{m},75$	ou	10	»
4° Hauteur des piliers.	$2^{m},75$	ou	10	»
5° Largeur de la nef centrale.	$5^{m},50$	ou	20	»
6° Largeur des nefs latérales.	$2^{m},75$	ou	10	»

On voit ici une différence bien tranchée entre deux édifices à peine distants l'un de l'autre de deux lieues; leur forme, leur disposition, leurs dimensions sont tout à fait dissemblables; ils doivent donc avoir été bâtis à deux époques différentes, et il a dû se passer de l'une de ces épo-

[1] Ce sont des pieds de Brabant; il est bien entendu que leur valeur métrique est de 0,275. Cette mesure se divisa déjà à cette époque en 11 pouces. La valeur du pouce en mètres = $0^{m},025^{mm}$.

ques à l'autre des événements qui ont porté dans les idées reçues des modifications essentielles, un bouleversement général.

Ce changement s'est-il opéré au Xe siècle? Nous sommes à même de prouver qu'il doit être plus ancien; seulement, cette époque ayant vu ériger fort peu d'édifices, nous irons puiser nos arguments dans un canton un peu plus éloigné, à Soignies, qui aujourd'hui est située hors du Brabant, mais qui alors était comprise dans le *pagus* du même nom. La collégiale de cette ville remonte à 965; cette date est positive. Or, là comme à Watermael, nous retrouvons le pied de 0m,275 [1].

Voici les cotes principales que nous y avons mesurées :

1° Largeur de la nef principale	11m,00	=	40 pieds;
2° Largeur de chacun des transepts.	11m,00	=	40 »
3° Longueur de chaque transept.	11m,00	=	40 »
4° Largeur des collatéraux de la nef	5m,50	=	20 »
5° Diamètre des colonnes (au pavement)	1,m37	=	5 »
6° Saillie des pilastres (au bas des piédroits).	0m,54	=	2 » etc.

Ces résultats prouvent d'une manière indubitable, que la mesure avait changé entre le IXe et le Xe siècle. Or, quel fait a pu avoir des conséquences semblables?..... Au Xe siècle, la société se reconstituait sur des bases nouvelles, et les développements de la civilisation se firent d'une manière insensible pour aboutir à l'affranchissement.

A la fin du IXe siècle au contraire, avaient eu lieu l'invasion des Normands, le démembrement de l'empire de Charlemagne, l'arnachie féodale, la naissance d'une infinité de petits états indépendants, un

[1] Ce pied est loin d'être le pied byzantin, qui égale 0m,324mm, et que l'on prétend avoir été introduit sous Charlemagne; nous avons vainement cherché la réforme de cette mesure dans les capitulaires de ce prince. (*Monum. germ.* récemment publiés en Allemagne.) Du reste, si ce capitulaire existe réellement, les édifices prouvent qu'il a été peu suivi dans toutes les contrées de l'empire. Dans le nord-ouest de la France, le pied byzantin se retrouve dans les monuments à partir de la fin du Xe siècle, et principalement en Normandie. Nous attribuons son adoption à la prodigieuse célébrité de l'école lombarde, qui avait pour chef l'abbé Guillaume (né en Piémont au diocèse d'Yvrée). Le nombre considérable d'édifices qu'éleva cette école, composée en majeure partie d'artistes lombards ou italiens, a dû naturellement exercer une certaine influence sur les arts. C'est elle, croyons-nous, qui donna naissance à une architecture particulière, connue par les archéologues sous le nom de *style romano-normand*. On retrouve le pied byzantin dans les parties anciennes des cathédrales de Chartres, de Noyon, dans l'église de Saint-Médard à Quesmy, etc., etc.

ébranlement profond avait succédé, dans l'empire des Francs, à la paix dont il avait joui sous les Carlovingiens.

Telles sont les considérations qui établissent cette grande différence entre deux genres d'un même style ; elles écartent le moindre doute que l'on pourrait conserver à ce sujet. « L'état prospère auquel les arts étaient parvenus, » a dit un archéologue « ne put se maintenir dans les temps moins heureux qui suivirent le règne de Charlemagne. Les dissensions intestines et les malheurs sans nombre qui résultèrent de l'invasion des Normands amenèrent bientôt une décadence marquée dans l'architecture ; on vit s'éteindre, à la fin du IXe siècle et dans le Xe siècle, le talent des architectes, en même temps que les lumières de l'ancienne civilisation ranimée par Charlemagne.

» Une superstition bizarre contribua peut-être encore plus que les événements à hâter la décadence de l'architecture ; on croyait que la fin du monde arriverait dans le Xe siècle : le découragement et l'apathie qui résultaient de cette croyance paralysaient les esprits, et bien loin d'élever des constructions nouvelles, c'est à peine si l'on réparait les anciennes [1]. »

Nous croyons avoir suffisamment prouvé que le IXe siècle est la date de la construction de l'église d'Anderlecht. Il nous reste à expliquer pour quelles raisons ce monument est contemporain de Charlemagne.

Dans le courant du dernier tiers du IXe siècle on ne songeait pas à bâtir. Le Brabant était dévasté par les Normands, dont le camp était établi à Louvain ; ces hordes, la terreur des habitants, signalaient leur passage par le fer et l'incendie. Le roi Arnould les défit en 891, et dès lors le Brabant fut délivré de ce terrible fléau.

C'est donc aux deux premiers tiers du IXe siècle qu'il faut faire remonter la construction de la crypte ; c'est dans un temps prospère, où l'art tendant à s'élever, abandonnait le type des catacombes que les apôtres des Gaules avaient imprimé aux monuments religieux. Le style romain devint un modèle sur lequel les artistes d'alors s'inspirèrent.

[1] M. De Caumont, *Hist. somm. de l'archit. au moyen âge*, p. 62-63.

Nous voyons la basilique d'Aix-la-Chapelle s'enrichir des colonnes granitiques de Ravenne. Cela prouve que les constructeurs avaient des notions du parfait, puisqu'ils savaient apprécier les belles créations romaines. Au centre de la Nervie on ne pouvait copier des modèles proportionnés; c'est sans doute les restes des monuments romains de la décadence que l'on aura pris pour type.

Il est un caractère, et les archéologues auront peut-être déjà fait cette remarque, dans les édifices d'architecture romane (le style chrétien primordial excepté) antérieurs à l'invasion des Normands, que leur composition est empreinte de ce cachet commun à l'art italique. C'est pour cette raison que ce style a été nommé néo-romain. Après l'invasion, tous ces caractères ont disparu. Si la colonne pseudo-corinthienne est venue décorer nos édifices, c'est la Germanie qui nous l'a transmise après l'avoir reçue elle-même de Byzance. Quant aux colonnes grecques d'ordre dorique, que l'on voit, mais très-rarement, dans nos monuments de la fin du Xe siècle [1], nous devons leur emploi aux voyages des artistes lotharingiens. L'art grec n'était pas suivi alors par les architectes du bas-empire; ils ne l'ont transmis à aucun peuple, et s'il en existe des imitations loin du sol hellénique, ce sont des étrangers qui, sur la terre classique des beaux-arts, ont trouvé dans les temples ruinés, des sujets dignes d'être reproduits.

Il n'y a qu'un seul moyen d'étudier l'histoire de l'art avec fruit, c'est de comparer l'art lui-même avec l'état social des peuples. Il est en quelque sorte le baromètre de leur civilisation : sous Périclès le génie d'Ictinus enfanta le Parthénon; Appollodore de Damas ralluma les dernières flammes de l'architecture romaine; sous Charlemagne les arts furent encouragés, des institutions utiles s'élevèrent dans son vaste empire; l'anarchie les détruisit. Le moyen âge n'eut-il pas non plus une époque brillante?

Quelques considérations historiques ne viendront donc pas hors de propos : la tradition, on le sait, rapporte que Charlemagne fit

[1] Nous ne savons s'il existe des colonnes pareilles en France ou en Allemagne.

consacrer les églises de Laeken et d'Uccle, toutes deux situées près de Bruxelles. Nous sommes tenté d'attribuer une origine semblable à celle d'Anderlecht; c'est également l'opinion de notre savant ami M. Alphonse Wauters, archiviste de la ville de Bruxelles. On pourra juger si notre pensée est admissible, par le passage suivant que nous empruntons à l'*Histoire de Bruxelles* :

« De nombreux martyrs attestent la lenteur des progrès de la reli-
» gion nouvelle, qui ne fut définitivement établie que sous le règne
» de Charlemagne. Ce prince résidait d'ordinaire aux environs de
» Liége et d'Aix-la-Chapelle, et plus d'une fois, on n'en peut douter,
» il dut passer par Bruxelles, où la tradition a conservé son souvenir.
» Ainsi on prétend qu'il fit consacrer les églises de Laeken et d'Uccle,
» et qu'il avait en ce dernier endroit une habitation appelée depuis
» *Karl-loe* ou *Carloo* [1]. Il vint à Uccle, dit-on, en 803, avec le pape
» Léon III et l'évêque de Liége, Gerbald, en se rendant de Kiersy-
» sur-Oise à Aix-la-Chapelle [2]. »

Les *Acta Sanctorum* [3] rapportent, d'après une ancienne légende, que l'église d'Anderlecht, à laquelle adhérait l'oratoire de saint Guidon, tombant de vétusté, les clercs et le peuple assemblés décidèrent d'en bâtir une plus grande; l'évêque Gérard II ordonna d'enterrer le corps de Guidon au milieu de l'église. Quelle que soit la véracité des faits relatés dans ce passage, nous ne pouvons les admettre qu'avec certaines restrictions.

L'existence de la crypte n'était sans doute pas connue du légendaire, car c'est évidemment elle qui reçut à cette époque les reliques du saint,

[1] Le 20 juin 1548, les nobles Jean Vanden Hoven, Gilles Vanden Steene, Gérard Van Nekergate et Gilles Conraets, ont déclaré par-devant notaire qu'ils avaient entendu parler par leurs parents de la consécration de l'église d'Uccle par le pape Léon, à la même époque où furent bénites celles de Nivelles et d'Aix *(dat de gulde delle heet*, ajoute l'acte); des indulgences données par le pontife à cette occasion, les mêmes que possédait la basilique de Jérusalem, et de la venue de Charles, et du pape à Karloe et Kaerlevoert (le Gué de Charles, aujourd'hui Caelevoet), avant que l'empereur allât combattre les infidèles. MSS. de la bibliothèque de Bourgogne, cité dans l'*Hist. de Bruxelles*.

[2] *Hist. de Brux.*, par MM. Wauters et Henne, vol. I[er], p. 8-9.

[3] *Loco citato.*

d'autant plus que l'on travaillait alors à l'église supérieure. Du reste, d'autres que nous l'ont entendu de cette manière (Surius, etc.). La légende elle-même semble d'ailleurs désigner la crypte, en disant que les habitants d'Anderlecht transférèrent les reliques « *in medio ecclesiae, in loculo decenter parato.* »

Le tombeau que nous avons déjà signalé paraît remonter à une époque antérieure, mais on l'aura déplacé en même temps que les reliques. Par sa forme identique à celle des autels, ce monument semble indiquer qu'il a servi à la célébration du service divin ; on sait d'ailleurs que l'autel lui-même n'est que la tombe symbolisée des premiers martyrs ou d'autres personnes vénérées par l'Église. C'est pour l'oratoire élevé contre les murs du temple, à l'endroit où le corps du saint avait été confié à la terre, que le tombeau dont nous nous occupons ici aura été construit, dans le but de servir en même temps d'autel. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'il n'appartient pas au XIIe siècle. Une ornementation variée, voilà le caractère saillant de l'art à cette époque; voilà ce qui se révèle dans les constructions de toute espèce, dans les fonts baptismaux et jusque dans les manuscrits et les objets d'orfévrerie. Ici que voit-on au contraire? les formes arides, caractère qui distingue éminemment l'architecture romane du XIe siècle.

Lorsque nous disions que le tombeau avait été déplacé du temps de l'évêque Gérard II, nous nous fondions sur les circonstances suivantes: Il est impossible de retrouver d'une manière exacte l'unité linéaire. Les cotes de notre mesurage nous donnent des variantes qui se rapprochent beaucoup du pied de 0^{m},275 (ayant la valeur du pied de Brabant). Ainsi, pour la longueur, nous trouvons une unité constante de 0^{m},2662^{dm}, représentée huit fois, et pour la largeur 0^{m},271^{mm} répétés trois fois et demie. Nous en concluons que cette absence d'unité exacte a dû être motivée évidemment par un déplacement, à la suite duquel les pierres n'auront plus été cimentées de la même manière. C'est encore un argument qui prouve que la crypte elle-même ne peut dater du XIe ou du XIIe siècle, comme on l'a prétendu, le pied type de ses dimensions étant autre, ainsi que nous l'avons démontré plus haut.

En Belgique, beaucoup d'autres monuments religieux ont cela de commun avec celui d'Anderlecht, que la crypte est restée intacte, malgré les nombreuses reconstructions de l'église supérieure : St-Bavon à Gand, St-Servais à Maestricht, Ste-Marie et St-Ursmer à Lobbes [1], etc., nous en fournissent des exemples. Effectivement des murs inébranlables caractérisent ces temples souterrains; rien qu'à les voir, les démolisseurs les plus intrépides reculeraient. L'armée des Normands même, n'aurait pas eu le courage de détruire un monument semblable à la crypte d'Anderlecht.

Le calcul suivant donnera une idée de cette construction : il s'agit d'établir la proportion de la surface bâtie à la surface non bâtie. Nous représenterons la première par Y, et la deuxième par X, le résultat sera :

$$Y : X = 168^{m^2},39^{d^2} : 121^{m^2},71^{d^2}$$

ou

$$168^{m^2},39^{d^2} : 121^{m^2},71^{d^2} = 1 : 0,72$$

or,

$$Y : X = 1 : \tfrac{18}{25}.$$

Ainsi, pour chaque mètre carré de maçonnerie, il y a soixante-douze décimètres carrés de vide. Ce calcul en sens inverse nous donnera la proportion :

$$X : Y = 121^{m^2},71^{d^2} : 168^{m^2},39^{d^2}$$

ou

$$121^{m^2},71^{d^2} : 168^{m^2}39^{d^2} = 1 : 1,39.$$

D'où il résulte que, pour chaque mètre carré vide à l'intérieur de la crypte, la surface bâtie est de un mètre, trente-neuf décimètres carrés. On concevra l'énormité de cette proportion, quand on songe que Rondelet a fait un calcul semblable pour les temples égyptiens, et qu'en

[1] Cette crypte est du VIIe siècle; l'église paroissiale qui la surmonte fut consacrée par Otbert, évêque de Liége, en 1095. M. Schayes. *Mess. des scien.*, vol. III, p. 398.

moyenne, la proportion de la partie bâtie s'élevait à quatre dixièmes seulement pour un mètre carré vide.

Le déplorable état dans lequel la crypte d'Anderlecht se trouve déjà depuis plusieurs siècles est à regretter. Aujourd'hui, grâce à la sollicitude du bourgmestre [1] et du curé [2] de la commune, il est question de la restaurer. Espérons que le gouvernement ne manquera pas d'encourager cette noble pensée. C'est une œuvre nationale qui rappelle de grands souvenirs. Les noms de deux hommes sanctifiés par la religion s'y rattachent : saint Charlemagne et saint Guidon .... l'un, souverain illustre d'un vaste empire, l'autre, fils pieux d'un simple laboureur!

L'arrangement le plus convenable pour rendre la crypte d'un accès facile, consiste à placer l'escalier au milieu du chœur, à quelques mètres en deçà des degrés de l'abside; il suffirait de partager ces derniers en deux parties, l'une à droite et l'autre à gauche de la descente de la crypte. Une balustrade construite dans un style semblable à celui de l'église supérieure servirait de garde-fou ou d'appui. Quant aux portes à placer au pied de la nef de l'église souterraine, elles seraient au nombre de deux : la première se trouverait à l'arête terminale extérieure, et serait décorée par des ornements rayonnants; la deuxième, de style roman néo-romain, occuperait l'arête terminale intérieure. D'après cette disposition, il y aurait un petit porche dont la profondeur serait de 2m,90 c. environ.

A l'intérieur, plusieurs changements qui exigent plus d'étude pour maintenir le type primitif qu'ils ne présentent de difficulté d'exécution, sont indispensables.

Parmi les objets curieux que j'ai remarqués épars dans cette crypte je citerai surtout :

[1] M. Hoorickx, ce magistrat éclairé a eu l'obligeance de m'aider à lever le plan de la crypte et de prendre les mesures des détails architectoniques; il est juste que j'exprime ici publiquement, toute ma reconnaissance.

[2] M. Magnus exprime le plus sincère désir de pouvoir rendre à ces lieux leur antique destination. Espérons que bientôt ce ministre y offrira à l'Éternel le plus auguste des sacrifices.

— Un vieil arbre tout vermoulu. La tradition en fait le bâton de saint Guidon, avec lequel il fit le pèlerinage au tombeau du Christ. La légende rapporte que l'ayant mis en terre sur le chemin conduisant d'Anderlecht à Itterbeek, ce bâton prit racine et se couvrit de branches touffues. Ayant été mutilé par les pèlerins, à une époque postérieure, les chanoines firent couper cet arbre et le placèrent dans l'église souterraine. Une partie servit à sculpter l'image de saint Guidon; c'est ce qui a donné lieu à ces anciens vers :

Den dorren stock, geplant met d'handt van sinte Weyen [1],
Naer hy ses eeuwen hadd' gebloeyt,
En tot een' boom was opgegroeyt,
Quam hier de beldt'-snyd'-konst daer van syn beldt te sneyen [2].

— Une figure de Christ très-mutilée, mais d'une beauté et d'une expression admirables. Je ne puis mieux la comparer qu'au Christ de Delcourt, qui se voit à la grande fenêtre du transepts droit de la cathédrale de Saint-Paul à Liége.

— Deux niches d'autel en bois de chêne, du style de la renaissance, d'une exécution parfaite; on y remarque des branches couvertes de feuilles et de fruits, sculptées d'une manière tellement délicate, que l'on est étonné de voir le chêne réduit à une si faible épaisseur. Il est fâcheux que ces beaux fragments soient relégués dans ces lieux humides; avec peu de frais on pourrait les restaurer et remettre ainsi au jour ces chefs-d'œuvre du XVIIe siècle.

— Une niche, en bois de chêne, style à rocailles, de la deuxième époque de la renaissance, bien conservée. Elle n'offre rien de curieux sous le rapport de l'art.

— Deux groupes en pierre blanche représentant la *Mater dolorosa*.

— Une tête de saint Guidon, en chêne, avec son chapeau de pèlerin;

[1] Saint Guidon.

[2] C'est le sens de l'inscription placée sur l'image du saint :

Guidonis manibus plantatus scipio siccus
Sex centos annos viruit, nunc factus imago.

il est à présumer, qu'elle provient d'une statue de ce saint, qui jadis était couchée sur son tombeau, parce que les yeux de la figure sont fermés.

— Quelques statues provenant de la tour et du portail de l'église actuelle, qui anciennement étaient richement décorés.

— Deux statues d'évêques ou d'abbés; elles sont fort détériorées.

— Une statue de religieuse, demi-nature.

— Un saint Guidon, en bois de chêne, également demi-nature; cette statue a été peinte et dorée.

— Un fragment ogival, en pierre assez délicatement découpée à jour, et peint à la manière des gothiques.

— Plusieurs chandeliers, ornements sculptés, croix, pierres, chaises d'autel, etc., etc.

Ici se termine notre tâche; c'est au praticien qu'il appartient de se pénétrer de l'important travail dont il va s'occuper. Des restaurations semblables sont rares et d'autant plus difficiles, que la Belgique ne possède, pensons-nous, que ce seul monument qui rappelle le siècle de Charlemagne.

Espérons que la croix surmontera de nouveau les autels abandonnés de ce temple millénaire, et que la prière des fidèles y remplacera le silence de l'abandon, témoignage d'une coupable indifférence.

LÉGENDE DES PLANCHES.

PLANCHE PREMIÈRE.

Plan de la crypte, rapporté d'après les mesures prises sur les lieux, et réduit à l'échelle de un centimètre pour un mètre.

AB. CD. Lignes par où ont été prises les coupes longitudinale et transversale.
E. Nef centrale et abside.
F. Nefs latérales.
G. Nefs extrêmes.
HI. Petites pièces pouvant avoir servi anciennement, l'une de baptistère, l'autre de sacristie.
K. Petits autels latéraux, ils sont encore dans un bon état de conservation.
L. Grand autel démoli; on en voit encore très-bien l'emplacement et quelques débris.
M. Tombeau de saint Guidon.
N. Passage au-dessous du tombeau de saint Guidon.
O. Fenêtres actuellement bouchées.
P. Id. ouvertes, éclairant en partie.
Q. Anciennes entrées de l'église, par lesquelles on entrait jadis de plein pied; elles ont été bouchées par une maçonnerie.
X. Emplacement de l'escalier par lequel on descend dans la crypte.
Y. Bancs des chanoines.

PLANCHE II.

Coupe longitudinale rapportée à la même échelle que le plan.

CD. Ligne de coupe (voir le plan).
M. Élévation longitudinale du tombeau de saint Guidon.

N. Ouverture pratiquée dans le tombeau.
O. Fenêtres bouchées.
P. Fenêtres ouvertes et éclairant encore la chapelle.
P′ Fenêtre qui est cachée par un mur récent, établi dans le but de former un dépôt de l'ancien baptistère.
R. Niveau du chœur actuel près de l'autel.
S. Mur d'élévation du chœur actuel.
T. Degrés de l'autel.
U. Bancs des chanoines.

PLANCHE III.

Coupe transversale, rapportée à la même échelle que le plan.

AB. Ligne de coupe. (Voir le plan.)
E. Nef centrale.
F. Nefs latérales.
G. Nefs extrêmes.
L. Autel principal (démoli) vu dans le fond.
K. Autels latéraux (existants) id.
O. Fenêtres.
U. Consoles.
V. Terrain remblayé.
X. Terrain primitif.
Y. Piliers carrés séparant la nef latérale de la nef extrême.

PLANCHE IV.

Élévation et plan des chapiteaux et des bases des colonnes, rapportés à l'échelle de 0,04 centimètres par mètre.

A. Élévation du chapiteau.
B. Plan de ce chapiteau.
C. Base de la colonne.
D. Plan de cette base.

} Il y a dix-huit colonnes semblables dont quatre isolées et quatorze engagées.

E. Élévation de chapiteau.
F. Plan de ce chapiteau.
G. Base de la colonne.
H. Plan de cette base.

} Il y a six colonnes semblables à l'abside ; deux colonnes sont isolées, les quatre autres sont engagées.

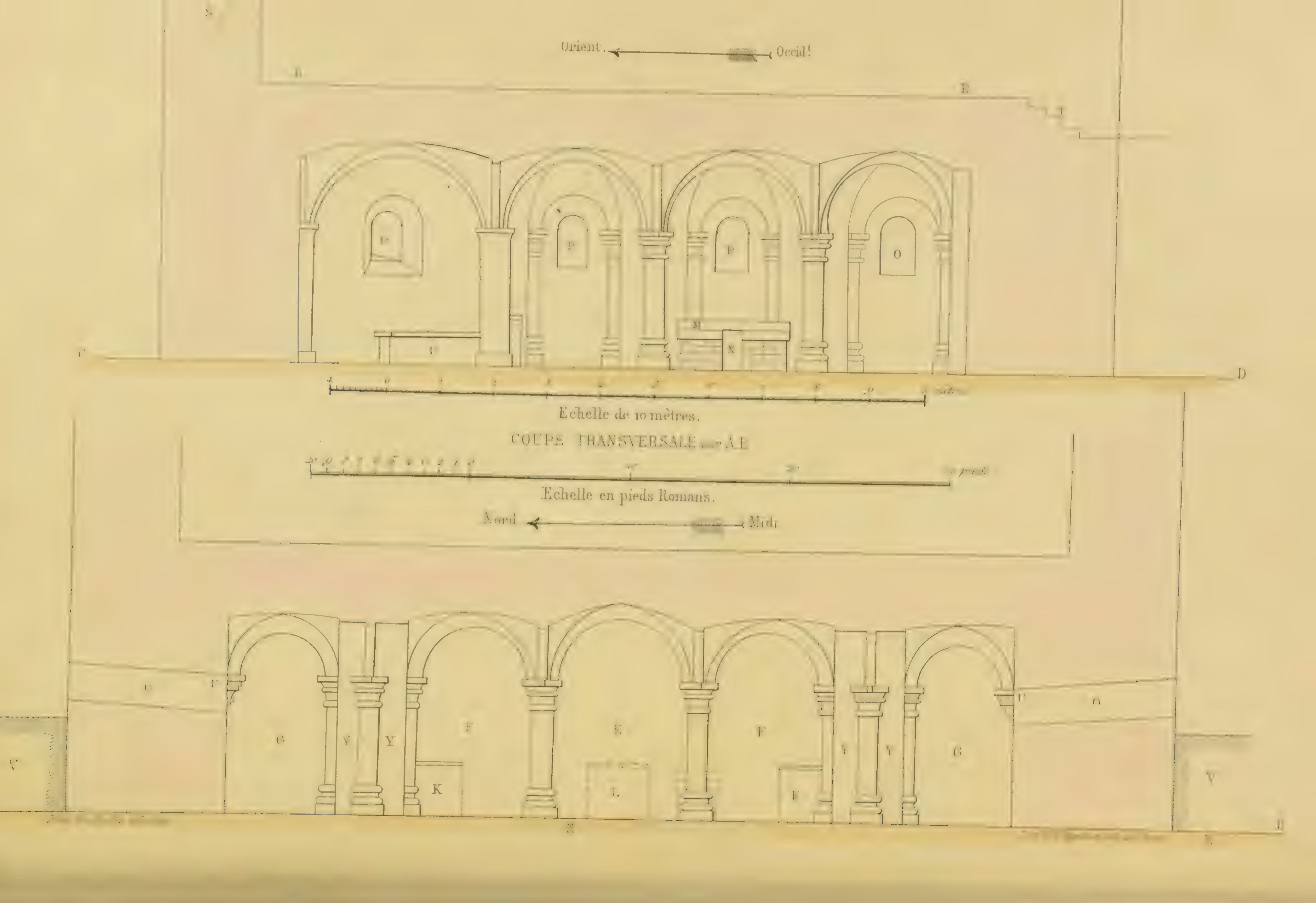
PLANCHE V.

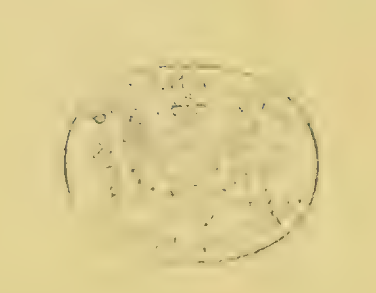
Plan et élévation de l'autel-tombeau de saint Guidon rapportés à l'échelle de $0^{m},05$ *centimètres pour un mètre.*

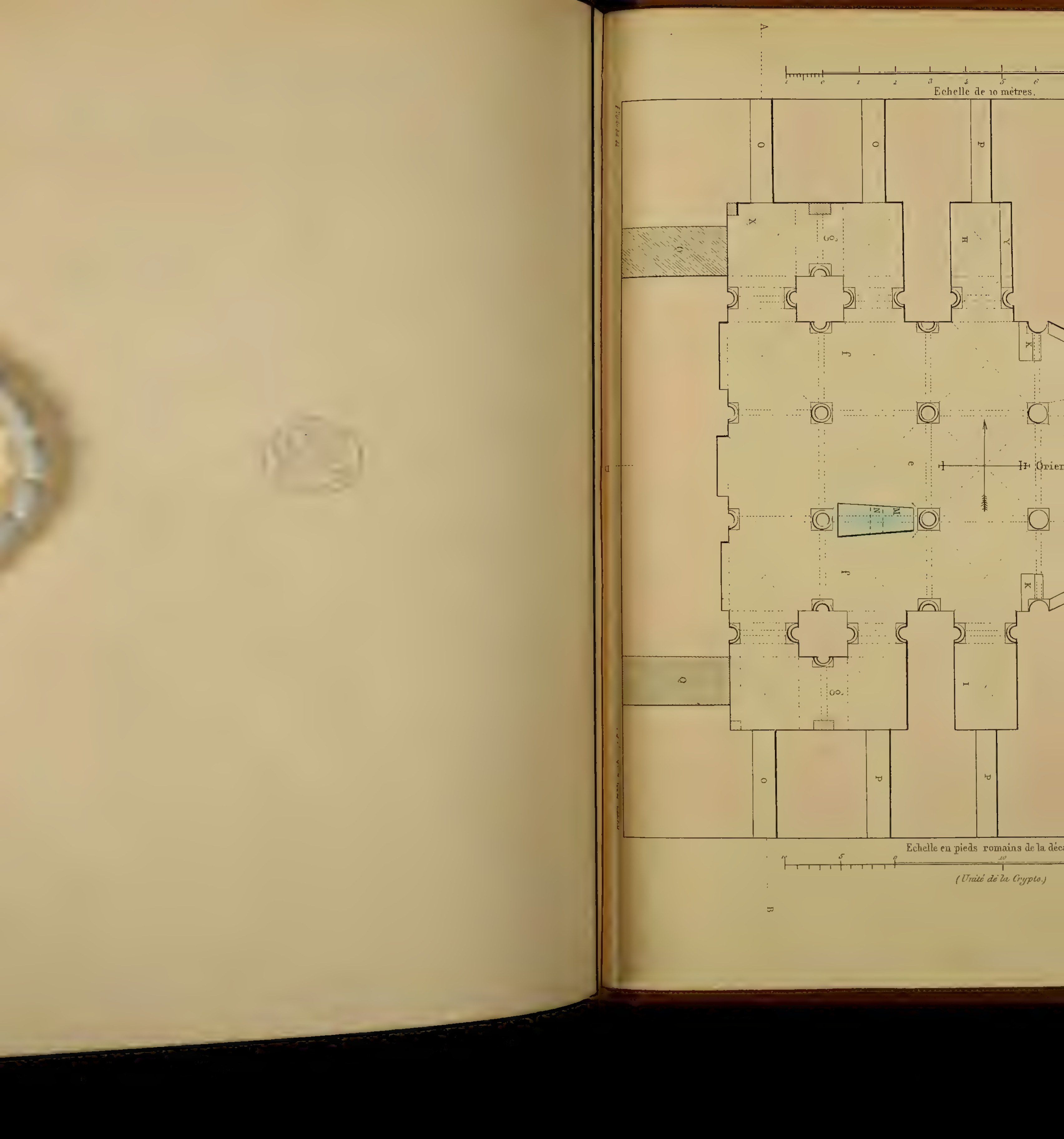
A. Élévation longitudinale.
B. Plan, coupé à 40 centimètres et vu de *E* en *A*.
C. Élévation vue de côté.
D. Dalle tumulaire en pierre bleue.
E. Passage des pèlerins.
F. Pierres usées par le frottement des épaules des pèlerins.

FIN.




Orient.
Occid!
Echelle de 10 mètres.
COUPE TRANSVERSALE sur AB
Echelle en pieds Romans.
Nord
Midi





Echelle de 10 mètres.
Echelle en pieds romains de la déc
(Unité de la Crypte.)
Orien



(Nota) Ces détails sont cotés en mètres et en pieds romains de la décadence, dits pieds romans.



AUTEL TOMBEAU DE St GUIDON.

(XIe Siècle.)

